

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU.



**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES.

Mémoire

**Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en sciences de la
Terre et de l'Univers.**

Option : Ressources Minérales et Environnement.

Thème

**Cartographie SIG du Nord d'in Ouzal (Hoggar,
Algérie): Géologie et minéralisations associées.**

Réalisé par : IMARAZENE TARIQ
SAADI YACINE

Encadré par : Dr. ZEGHOUANE. Hocine.

Soutenu publiquement le : 13/07/2017 Devant le jury composé de :

M ^r BENABI. M. S.	Maitre de conférences	U.M.M.T.O	Président
Mme IZIRI. D.	Maitre assistante A.	U.M.M.T.O	Examinatrice
Dr. ZEGHOUANE. H.	Maitre de conférences	U.M.M.T.O	Promoteur

Promotion : 2016/2017

Remerciement

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à témoigner notre profonde gratitude à monsieur ZAGHOUE Hocine qui nous a proposé ce sujet et qui nous a encadrés, et aussi de profiter de sa profonde connaissance.

Nous remercions M^r BENABI .M .S pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury.

Nous remercions également à M^{me} IZRI Dahia pour avoir bien voulu examiner ce mémoire.

Nos profonds et sincères remerciements à, M^{me}IZRI, M^{me}ABDERRAHMANE , M.LOUNIS, M^{me}DJELLOUL, M.AIGOUN, M.ISSAAD, M. DJEGHALI, pour leurs aides, patience, et le temps qu'ils nous ont consacré .Ils nous ont incités de leurs cœurs à travailler même dans des moments de détresse.

Un grand remerciement à tous nos enseignants de Géologie (UMMTO/USTHB).

Nombreuses sont les personnes qui, par leurs aides, collaborations et leurs encouragements ont contribué à la réalisation de ce mémoire de près ou de loin. Nous tenons à leurs exprimer notre profonde gratitude.

Enfin, un remerciement particulier à notre grand frère et sponsor IDJERI Toufik, nos camarades de la promotion, les comités (STU/SNV/CLU) et nos chères amies.

RESUME

Un Système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant, à partir de diverses sources de données, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, ainsi que d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement.

L'information géographique dans un SIG est représentée selon deux modes ; qui sont le mode raster et le mode vecteur, ce dernier est composé de données graphiques et de données alphanumériques

Dans ce mémoire on se propose de réaliser une cartographie SIG de la région Nord de l'In Ouzzal.

L'extraction d'information a été réalisée à partir d'une base de données géologique et géologique complète et récente des feuilles constituant la région d'In Ouzzal Nord sur laquelle est représenté le Hoggar, ce dernier est composé de terrains d'âge allant de l'Archéen au Néoprotérozoïque. Trois événements tecto-métamorphiques ont été recensés: événement archéen (entre 3300 et 2700 Ma), éburnéen (2000 ± 200 Ma) et panafricain (Au cours du panafricain (750- 550 Ma).

Les études géologiques réalisées sur la région d'étude ont abouti à proposer deux structurations du Hoggar; l'ancienne structuration qui subdivise le Hoggar en trois compartiments: le Hoggar occidental (chaîne pharusienne), Le Hoggar central polycyclique et le Hoggar oriental, et la structuration basée sur le concept des terranes.

Notre projet a été motivé par la mise en relation entre l'information géographique et l'informatique (les nouvelles technologies) ainsi que par la mise en application des connaissances théoriques et pratiques acquises lors de notre cursus universitaire afin de réaliser un SIG géologique et minier plus ou moins complet.

Dans le but d'atteindre notre objectif nous avons travaillé sur ArcGIS, un logiciel SIG développé par ESRI et composé essentiellement de trois interfaces.

La vectorisation de l'ensemble des feuilles constituant notre région d'étude permet de mettre en évidence la relation entre la lithologie et la géologie des différents affleurements ainsi facilite l'étude ciblée des minéralisations tel que les gisements d'or, de wolfram, d'étain, et les indices prometteurs de Terres rares et métaux rares.

Mots clefs: Hoggar, Système d'Information géographique, cartographie, Géologie, Minéralisation, Panafricain, ArcGIS, SIG.

Sommaire

Chapitre I :

1. Introduction générale.....	1
2-But et objectif du travail	1
3-Structuration du mémoire.....	2
4-Présentation de la région d'étude.....	2
4.1. Situation géographique de la région d'étude.....	3
4.2. Relief.....	3
4.3. Plaines.....	3
4.4. Climat.....	4
4.5. Faune Et Flore.....	4

Chapitre II : -Géologie de Hoggar.

1. INTRODUCTION	5
1.2. Subdivision classique du Hoggar.....	6
1.2.1. Hoggar Oriental.....	7
a. Chaîne Tiririnienne.....	7
b. Zone péritiririnienne (Tafassasset – Djanet).....	7
c. Môle Issalane.....	8
1.2.2. Le Hoggar Central polycyclique.....	8
a. Série De l'Arechchoum.....	8
b. Série De l'Aleksod.....	8
1.2.3. Hoggar Occidental.....	8

Sommaire

a. Môle In-Ouzzal.....	9
b. Rameau Occidental.....	9
c. Rameau Central.....	9
1.3. La nouvelle subdivision du hoggar (les terranes).....	9
1.4-Formations litho-stratigraphiques.....	11
1.5-Evenements tectono-metamorphiques.....	12

III-Geologie de la region d'etude

1. Introduction (Region d'etude):.....	13
--	----

A-Partie 1 : In-Aghabir -Tibhaouine

1-STRATIGRAPHIE.....	14
- INTRODUCTION (les feuilles In -Aghabir,Tibhaouine).....	14
1.1-Archéen complexe In-Ouzzal(ARin)	14
1.2-Protérozoïque.....	15
1.2.a. Protérozoïque inférieur- moyen (PR 1-2).....	15
-Série Tekouiat(PR 1-2t)	15
-L'assise inférieure (PR1-2 t1).....	15
-L'assise supérieure (PR1-2 t2).....	15
1.2.b- Protérozoïque supérieur PR 3	16
- Série Terrigène (PR ² ₃ tr)	16
- Série volcanogène (PR ² ₃ vl)	16

Sommaire

-Assise inférieure (PR^2_3v11).....	17
-Assise supérieure (PR^2_3v12).....	17
1.3. Paléozoïque	17
. Cambrien inférieur : Série Pourprée (E1 pr)	17
. Ordovicien inférieur (O1).....	18
1.4. Cénozoïque Quaternaire.....	18
-Dépôts Quaternaire supérieur-actuel (Q_{III-IV}).....	18
-Dépôts actuels Q_{IV}	19
2. MAGMATISME	19
2.1. Complexe des granitoïdes Ahefou du Protérozoïque inférieur-moyen (γ , $\gamma\delta$, δ , $PR_{1-2}ak$?).....	19
2.2. Complexes intrusifs du Protérozoïque supérieur.....	20
-Complexe ultra basique Amded (G Cm)	20
-Complexe Tan-Chaffaou (γtch) et Tim-Missaou (γtm) -Complexes Syn tectoniques)	20
-Complexe Tim-Missaou (γtm)	21
2.3. Complexe Ihouhaouène (γch)	21
2.4. Complexe d'intrusions post orogéniques hypabyssales supplémentaires (γdp , $\gamma nII dp$, $\xi \gamma dp$)	21
3. TECTONIQUE	22

Sommaire

4. MINÉRAUX UTILES.....	23
4.1.Métaux ferreux.....	23
4. 2. Métaux non Ferreux	24
 <u>B-Partie 2 : In Hihou-Takhamalt:</u>	
<u>I-Litho-stratigraphie.....</u>	26
I.1-Archéen (Complexe d’In-Ouzzal)	27
I.2-Protérozoïque Inférieur : Suggarien (PR1sg).....	31
I.3. Protérozoïque Moyen: Série de Tideridjaouine (PR2t).....	32
I.4- Protérozoïque Supérieur: Pharusien	32
I.5. Protérozoïque supérieur-cambrien inférieur : Série pourprée PR3E1).....	35
I.2- Quaternaire.....	35
 <u>2-MAGMATISME</u>	
2.1-Complexe magmatique archéen.....	37
2.2-Complexe magmatique du Protérozoïque inférieur	37
2.3- Complexe magmatique du Protérozoïque supérieur.....	38
 <u>3 – MINERALISATIONS</u>	
4. TECTONIQUE	41
 <u>C-Partie 3: Kef Egatalis-Bidon V</u>	
1- STRATIGRAPHIE.....	46
1-1-Archéen :Complexe d’In Ouzzal	47
1-2- Protérozoïque.....	47

Sommaire

1-2-1- Protérozoïque inférieur (PR1).....	47
1-2-2- Protérozoïque supérieur (PRZ)	50
I-3- Paléozoïque.....	53
1-3-1- Cambrien inférieur (Epr).....	53
1-3-2- Ordovicien (O).....	54
1-3-3- Silurien (S).....	55
1-3-4- Dévonien (D)	55
1-4- Mésozoïque.....	58
1-5- Quaternaire (Q)	59
2- MAGMATISME	
2-1- Les intrusions du Protérozoïque inférieur.....	60
2-2- Intrusions du Protérozoïque supérieur.....	63
3- MINERAUX UTILES	
3-1- Minéraux utiles métalliques.....	69
3-2- Substances utiles non métalliques.....	74
CHAPITRE IV : Cartographie SIG	
A-Généralité.....	76
1-Introduction	76
2-Définition de SIG.....	76
3- Composants du SIG.....	77
4 -Comparaison entre les modes vecteurs et rasters.....	83

Sommaire

5- SIG et Géologie.....	86
5.2. Architecture du modèle spatial.....	86
5.3. Méthode de construction d'un SIG.....	87
6. Domaines d'application.....	88
B- le SIG sous Arc GIS	
1. Définition.....	88
2- Présentation du logiciel Arc GIS 10.....	88
3-Application à la région d'in Ouzzal nord.....	92
4- l'information surfacique (la lithologie).....	97
5- l'information linéaire (tectonique)	102
6- L'information ponctuelle (minéralisation).....	106
7-Conclusion.....	112
CHAPITRE V : Conclusion générale.....	113

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

1-Introduction

Le Hoggar, fait partie du bouclier Targui formé durant l'orogénèse panafricaine (750-525Ma) s'étend au Sud dans l'Adrar des Foras (Mali) et au Nord dans l'Aïr (Niger). Il est caractérisé par un large développement de formations paléo-protérozoïques et néo-protérozoïques, recouvertes en discordance par des séries molassiques et de dépôts phanérozoïques.

Le Hoggar est limité à l'Ouest par craton Ouest africain par une ligne de suture qui va de Bou Azzer (Maroc) et se prolonge au Sud jusqu'au Mali passant par le désert de Tanezrouft pour se terminer dans le golf de Guinée.

Le Hoggar est caractérisé par la présence de plusieurs gisements et indices aurifères (or et argent), de métaux rares (niobium, tantale, lithium, rubidium etc.) et autre (plomb, cuivre, zinc), ces minéralisation fait l'objet de plusieurs études géologiques et géologiques.

2- But et objectif

La création des cartes et l'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais les SIG procurent une plus grande performance et propose des outils sans cesse innovant dans l'analyse, la compréhension et la résolution des problèmes.

La rareté de SIG en Algérie nous a conduits à élaborer le SIG de Tamanrasset. Le processus d'édification d'une carte avec un Système d'Information Géographique est beaucoup plus souple qu'une production manuelle ou automatisée. Il débute par la création de la base de données. Les informations existantes sur support papier peuvent être digitalisées et toutes les autres sources informatiques sont intégrées au sein du SIG.

L'information contenue dans le SIG est continue sur l'ensemble du territoire d'étude et totalement indépendante des problèmes d'échelle.

Notre SIG appliqué à la géologie et la minéralisation de la région d'étude a été établie à partir des cartes géologiques au 1/200.000.

L'objectif essentiel de notre étude est la création d'un système d'information géographique réunissant et conservant un large ensemble de données quantitatives et qualitatives relatives à la géologie et la minéralisation de notre région d'étude dont l'utilisation nous permettra la présentation des informations collectées et organisées sous forme d'entités thématiques.

3- Structuration du mémoire

Cette étude comporte plusieurs chapitres qui sont les suivants :

- Le premier chapitre comprend une introduction, des généralités sur la région d'étude, situation géographique et climatique avec des différentes méthodes utilisées ainsi que l'objectif et le but de notre travail.
- Le deuxième chapitre est réservé à la géologie du Hoggar décrivant les différentes subdivisions structurales.
- Dans le troisième chapitre est décrite la géologie de notre région d'étude. Sa description portera sur la lithologie, le magmatisme, la tectonique et enfin la minéralisation.
- La quatrième partie est réservée à la cartographie SIG dans laquelle sont présentés des généralités sur le système d'information géographique (SIG), les étapes de réalisation de cette cartographie SIG c'est-à-dire sur l'application du logiciel ArcGIS pour élaborer un système d'information géographique sur la géologie et la géologie de la région de l'in Ouzzal nord et enfin des résultats obtenus.
- Le cinquième chapitre portera sur des conclusions générales et des recommandations.

4- Présentation de la région d'étude :

4.1. Situation géographique de la région d'étude :

La région d'étude fait partie du Hoggar qui, est une vaste terre aride, au milieu du Sahara algérien, il est la destination préférée du tourisme européen et surtout allemand. Sa superficie est d'environ 50 000 km². La ville de Tamanrasset est un axe incontournable des nomades Touaregs, qui arpentent les dunes, les regs du Sahara, du Mali au Niger passant par le Tchad et la Libye. Située à L'extrême sud du pays.

La région d'étude est située au Nord-Ouest du Hoggar, elle est composée des feuilles au 1/200 000 de Takhamalt, In Hihou, Kef Egatalis, Bidon V, IN Aghabir et Tibhaouine. Elle fait partie du Hoggar occidental.

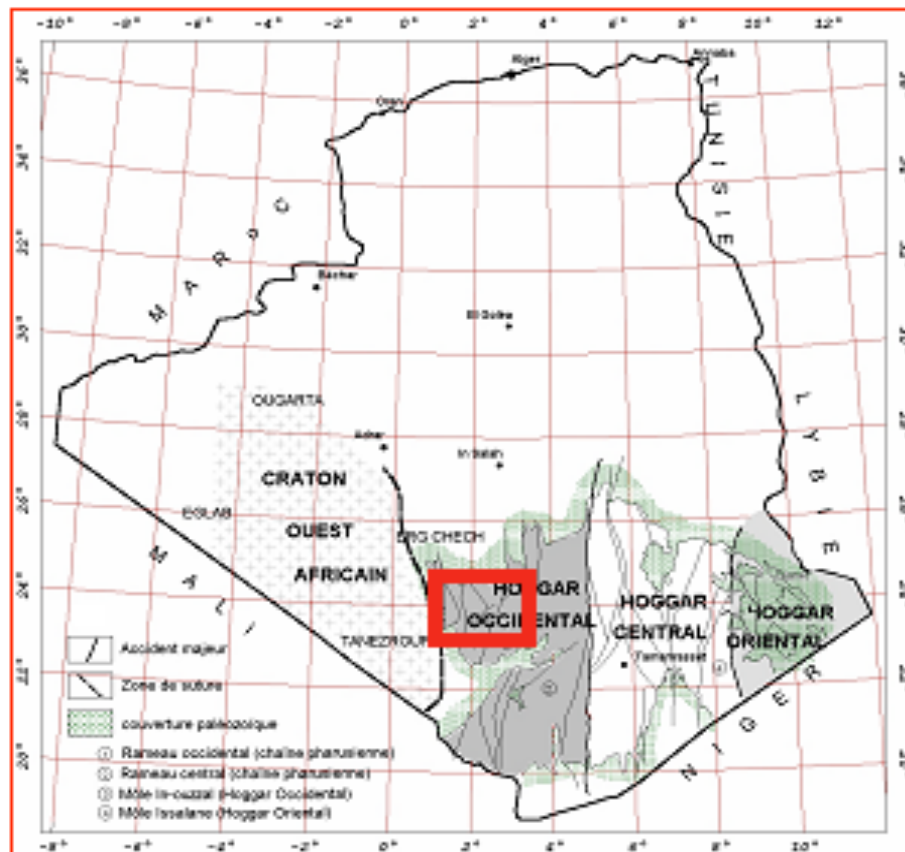


Fig. (I.01) Situation Géographique de la région d'étude.

(modifiée).

4.2. Relief

La région se caractérise par une diversité remarquable de son relief, et qui se présente sous forme de plateaux qui ont l'aspect de deux assises crevassées ; ils sont recouverts par endroits de dunes de sables du fait d'une érosion éolienne très active.

4.3.Plaines

En plus des plaines alluviales des grands Oueds de l'Ahaggar, on distingue : La plaine du Tanezrouft (au pied du plateau Tanezrouft). Elle est incisée profondément par une succession de vallées qui la traverse dans une direction Est-Ouest. Le Tanezrouft à L'Ouest est une zone hyperaride dans laquelle vient se jeter à l'oued de Tamanghasset.

- Les Massifs isolés : Ce sont les massifs d'In-zize d'origine éruptive.
- Le Fossé périphérique : C'est une suite de dépressions circulaires avec une altitude variant entre 500 et 800m, et formant une couronne autour du massif central de l'Ahaggar.
- Les Tassilis : C'est la ceinture extérieure de l'Ahaggar, constituée par des formations de l'ère primaire:

4.4. Climat

Cette région est caractérisée par un climat désertique chaud typique du Hoggar, massif montagneux, avec des étés longs et très chauds et hivers courts et modérément chauds. L'altitude élevée modère beaucoup les températures maximales moyennes rencontrées tout au long de l'année et est responsable de précipitations légèrement plus abondantes qu'aux environs à basse altitude. Néanmoins, le climat y est considéré comme extrêmement chaud et sec pour une telle altitude.

4.5.Faune et flore

La faune du Hoggar, typique des régions désertiques, est représentée en général par les dromadaires, antilopes, gazelles et rares mouflons, les gerboises, scorpions, dobs (espèces de lézard), vipères, couleuvres, fennecs, hyènes ainsi que de rares guépards signalés dans certains endroits isolés.

La flore est très pauvre. Elle pousse en général dans les lits d'oueds et autour de certains points d'eaux permanents. On y rencontre fréquemment les tamaris, l'acacia (talha), graminées sauvages, les peupliers et l'armoïse.

CHAPITRE II

GEOLOGIE DU HOGGAR

Introduction :

La région d'étude est représentée par six feuilles 1/200.000 qui sont In Aghabir, Tibéhaouine, Kef Egatalis, Bidon V, Takhmalt, In Hihou, issue d'un découpage carré.

Pour sa description géologique la région d'étude a été subdivisée en trois parties (Fig.01).

La synthèse géologique de l'ensemble de six feuilles a été réalisée à partir des rapports de recherche systématique réalisés par ORGM dans les années 1980-1990

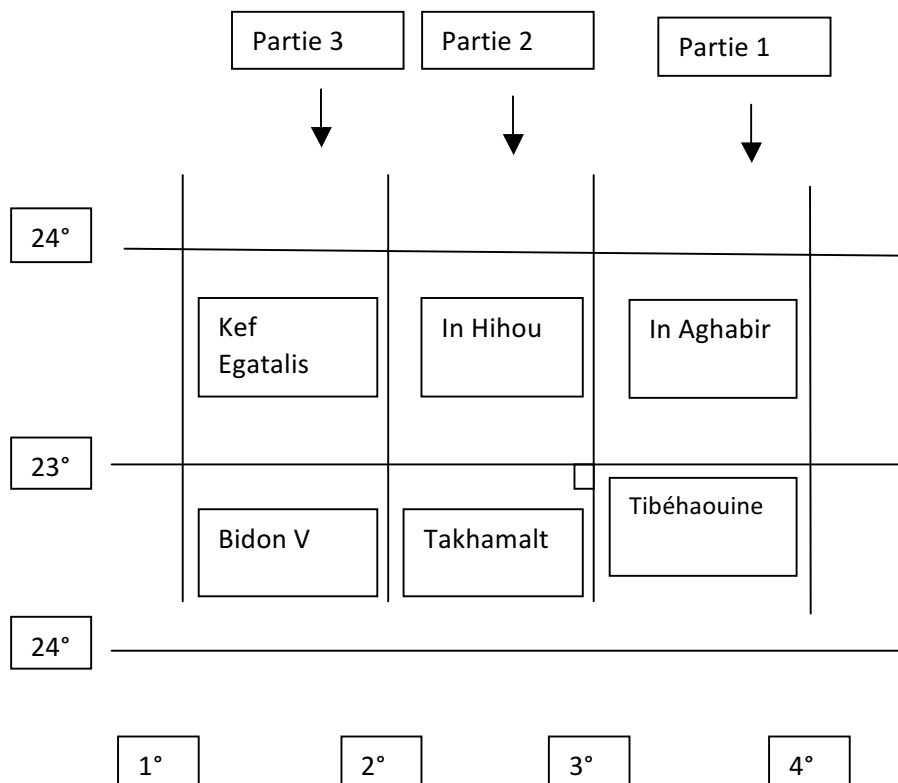


Fig..01 : Présentation des trois parties de la région d'étude

(In Ouzal Nord)

A-Partie 1 : In-Aghabir -Tibéhaouine**1-Stratigraphie****-INTRODUCTION :**

Aux limites des feuilles In-Aghabir et Tibéhaouine, les formations sont datées subdivisées de la manière suivante : Archéennes (complexe In-OuzzalArin), Protérozoïque inférieur (série Tekouiat PR1-2t), Protérozoïque supérieur (série volcano-sédimentaire PR 3vs, terrigène PR 3tr, volcangène PR 3vl), Paléozoïque-Cambrien inférieur (série pourprée Epr), Cénozoïque (dépôts actuels) et Quaternaire.

1.1- Archéen complexe In-Ouzzal (ARin) :

C'est un complexe de roches à hypersthène (Tanezrouft Oriental) appartenant aux formations suggariennes, mis en évidence en 1949 par M.Lelubre.

Le périmètre des feuilles In-Aghabir et Tibéhaouine englobe un bloc tectonique important. Les roches du complexe susmentionné sont répandues dans la partie Nord-ouest, elles sont délimitées par un fragment de la faille régionale d'In-Ouzzal.Ce complexe représente principalement des granitoïdes de composition charnokites-enderbites qui sont formés dans des conditions de métamorphisme de faciès granulitique et amphibolitique. Sur le territoire de la feuille In-Aghabir, un type particulier de structures circulaires recoupées par des failles de direction Nord-est a été établi. La morphologie de ces structures est soulignée par de longues chaines de quartzites (y compris les quartzites ferrugineuses).

1.2-Protérozoïque:**1.2.a. Protérozoïque inférieur- moyen (PR 1-2)****-Série Tekouiiat (PR 1-2t)**

La série Tekouiiat a été mise en évidence par M. Gravelle (1969) pour nommer les assises de gneiss, quartzites, marbres et amphibolites constituant la zone subméridienne. Cette zone est allongée plus à l'Est à partir du dôme In-ouzzal entre le bord sud de l'oued Tekouiiat et la frontière Malienne.

Les formations de la série Tekouiiat sont pratiquement répandues dans tous les blocs tectoniques qui se manifestent vers l'Est à partir de la feuille In-Ouzzal oriental (an.nl, 2). Les éléments structuraux de la série Tekouiiat ont une extension sécante, La série est divisée en deux assises :

-L'assise inférieure (PR1-2 t1) : elle prédomine dans le volume total de la série. Elle est principalement constituée de gneiss à biotite, à amphibole-biotite et de granito-gneiss renfermant de nombreux corps d'anatectites à composition granitique. En outre, on y note également des interlits, peu puissants, (0.5-1 m) de quartzites et amphibolites.

-L'assise supérieure (PR1-2 t2) : sa limite inférieure est signalée par une suite de couches rapprochées d'amphibolites et de gabbros – amphibolites. Les corps lités de marbres sont associés à cette suite de couches. La coupe de l'assise supérieure est achevée par un faisceau de quartz qui renferme localement des niveaux de roches à volcanisme bimodal synsédimentaire des rhyodacites. Outre cela, des corps lenticulaires de porphyritoïdes basiques au sein des quartzites ont été notés. En somme, la triade de roches suivantes : amphibolite- marbre- quartzite est typique pour l'assise supérieure. L'épaisseur des parties intégrantes de cette triade est assez variable dans le volume de l'assise.

1.2.b. Protérozoïque supérieur PR 3

Le Protérozoïque supérieur comprend les séries suivantes : volcano-sédimentaire (PR 3 vs), terrigène (PR 3 tr) et volcanogène (PR 3 vl).

- Série volcano-sédimentaire PR^1_3 vs :

Elle est composée par les types de faciès suivants: Volcano-carbonate (PR^1_3 vs^c), volcano-grés-schisteux (PR^1_3 vs^{gr}) et volcano-terrigen (PR¹₃vs^t).

- Série Terrigène (PR^2_3 tr) :

Les formations de la série terrigène sont répandues aux limites de la zone subméridienne ou elles constituent des dépressions orogéniques locales. La plus grande extension des roches de la série en question est signalée dans la partie centrale de la feuille In-Aghabir; ces roches se superposent en discordance angulaire bien nette sur les formations du Protérozoïque inférieur-moyen et celles de la série volcano-sédimentaire de la partie inférieure du Protérozoïque supérieur. Les formations de la série représentent essentiellement des grès finement grenus, de teinte noire et gris foncé et des pélites gris vert dont l'épaisseur atteint quelques mètres. Des intercalations de conglomérats à galets fins, épaisses de 1-3 mètres reposent au sein des roches grés- pélitiques.

Les roches de la série sont recoupées par de nombreux dykes de porphyritesdiabasiques ayant une orientation Nord-ouest (310°- 320°).

- Série volcanogène (PR^2_3 vl)

Les formations de la série volcanogène sont répandues dans tous les blocs tectoniques et tendent à être associées aux zones de failles importantes. En outre, les fragments isolés de ces failles sont accompagnés par des corps subvolcaniques filoniens de la série volcanogène.

La composition de la série volcanogène comprend deux assises : Inférieure (PR^2_3vl1)- basaltoïdes et Supérieure (PR^2_3vl2)- rhyodacites.

- **-Assise inférieure (PR^2_3vl1) (basaltoïdes):**

Les roches de cette assise se superposent en discordance angulaire bien nette aux formations du Protérozoïque inférieur-moyen et celles de la série terrigène du Protérozoïque supérieur et sont recoupées par les corps de rhyodacites de l'assise supérieure et les intrusions granitiques des complexes Tim-Missaou et Ihouhaouène.

- **-Assise supérieure (PR^2_3vl2) (rhyodacites) :**

Les formations de cette assise terminent la coupe du Protérozoïque supérieur. Leurs produits dérivés sous forme de dykes recoupent les dépôts de l'assise inférieure (PR^2_3vl1). Dans les conglomérats de la série pourprée (E1 pr), les formations en question représentent principalement un matériel sous forme de galets. Cette dernière est essentiellement constituée de porphyres rhyodacitiques et leurs tufs. En outre, de longs corps de rhyolites sous forme de dykes, sont rapportés à l'assise supérieure volcanogène.

1.3. Paléozoïque

Ce sont des formations du Cambrien inférieur et de l'Ordovicien qui font partie des dépôts paléozoïques sur le territoire étudié.

- **- Cambrien inférieur : Série Pourprée (E1 pr)**

Les dépôts de la série sont cartographiés dans la partie Nord-ouest de la feuille In Aghabir, où ils constituent les zones de relief, le terrain ondulé et l'Adrar isolé Akefou.

Dans le premier cas, on signale principalement un gravier, composé de roches de la série volcanogène; en ce qui concerne le deuxième cas ; il s'agit

des conglomérats (poudingues) reposant horizontalement. La composition de galet est la mem-porphyrès rhyodacitiques. Ainsi, la limite inférieure de la Série pourprée est bien nette puisque les dépôts de la série reposent en discordance angulaire nette et sans recouvrements sur les formations sous-jacentes, depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

- Ordovicien inférieur (O1)

Les dépôts Ordoviciens constituent la base de la coupe du complexe paléozoïque de plate-forme (dite Tassili). Ces dépôts reposent en discordance angulaire bien nette sur toutes les roches plus anciennes et ils sont largement répandus suivant la périphérie du Hoggar.

Dans le périmètre de la région étudiée, les dépôts en question sont cartographiés près du cadre sud de la feuille Tibehaouine. On les trouve dans deux affleurements uniformes isolés dont les superficies sont respectivement égales à 5 et 21 km². Ces affleurements représentent les extrémités septentrionales du témoin de l'érosion (du massif tassilien intérieur) de Tim-Missaou dont la majeure partie est répandue sur le territoire adjacent au Sud.

Dans le périmètre du territoire étudié il ne reste conservé que la partie inférieure de l'Ordovicien. Ces dépôts surmontent en discordance bien nette les roches protérozoïques du socle.

1.4. Cénozoïque Quaternaire: Les formations de cet âge sont largement répandues dans la région. Elles constituent de basses terrasses recouvrant les vallées des oueds et forment les chaînes de dunes. Selon l'âge, on distingue ; des dépôts du quaternaire supérieur-actuel et dépôts actuels.

-Dépôts Quaternaire supérieur-actuel (Q_{IV})

Il s'agit des dépôts de terrasses, pentes et glaciaires d'accumulation proluviale. En ce qui concerne le relief, les terrasses représentent un gradin de 0,5-1 mètre (partie Nord-est de la feuille In-Aghabir). Ces terrasses sont

constituées de sables et graviers. Les dépôts de pentes et ceux des glacis d'accumulation proluviale atteignent leur épaisseur maximale au pied des adrars. Il s'agit surtout des adrarstassiliens.

-Dépôts actuels Q_{IV}

Ces sont les dépôts d'oueds (Amded, Tekouiiat et Teghahart) et ceux de vastes plateaux (Sud de la feuille In-Aghabir), ainsi que les sables éoliens constituant les chaines de dunes. Le vent et le relief jouent un rôle prédominant dans la localisation de ces dernières.

2. MAGMATISME

D'après la composition des roches, leurs particularités pétrochimiques et géochimiques, ainsi que selon le temps et les conditions de formation ; des granitoïdes anatectiques du protérozoïque inférieur- moyen et les complexes intrusifs du protérozoïque supérieur ont été distingués

2.1. Complexe des granitoïdes Ahefou du Protérozoïque inférieur-moyen :

Ce complexe renferme les granites gneissiques, les plagiogranites, les granodiorites, les diorites ainsi que le faciès filonien.

Les granitoïdes de ce complexe sont spatialement associés aux formations de la série Tekouiiat, leur formation est due aux processus d'ultramétamorphisme.

Selon leur caractère structuro-lithologique, les granitoïdes du complexe sont subdivisées en 3 groupes :

1^{er}- granites leucocratesgneissifiés, granites mésocrates porphyriques à biotite et granites à biotite et hornblende .

2^{ème}- granodiorites gneissiques, diorites quartziques et diorites ;

3^{ème}- aplites, pegmatoïdes et granites pegmatitiques .

2.2. Complexes intrusifs du Protérozoïque supérieur :

Au protérozoïque supérieur se rapportent les complexes intrusifs suivants : Ultra- basique (Amde gam) ; syn-et-postorogéniques (Tan-Chaffaoutch) Tim-Missaou (tm) et Ihouhaouène (ich) ainsi que le complexe d'intrusions postorogéniques supplémentaires hypabyssales.

- Complexe ultra basique Amded (G Cm)

Les roches de ce complexe sont observées sous forme de plaques soumises au boudinage dans les zones de failles importantes, soit sous forme de petits massifs de forme isométrique qui se manifestent habituellement dans les zones de chevauchements.

Dans le périmètre de la zone de faille Tan-Chaffaou occidental, les boudins de roches ultrabasiques sont cartographiés sous forme de chaînette sur toute sa longueur. Les massifs de roches ultra-basiques sont cartographiés dans la zone Issoudem où on les voit localisés dans les zones de chevauchements adjacentes en formant le relief des adrars.

- Complexe Tan-Chaffaou (ytch) et Tim-Missaou (ytm) -Complexes Syntectoniques) :

Les granites Tan-Chaffaou (y tch) et Tim-Missaou (y tm) s'effectuant dans les différentes conditions structuro-tectoniques. Les granites en question sont spatialement séparés ; sont rapportés aux granites du complexe Tan-Chaffaou.

Les granites du complexe Tan-Chaffaou affleurent dans la partie Est du territoire étudié aux limites des blocs Tan-Chaffaou et In-Aghabir (D) et Amded-Aderniba (E). Ici, ils constituent un groupe de massifs dont les plus importants sont : In-Aghabir , Tan-Chaffaou , Tekouiiat , Aderniba et Aderniba méridional .

-Complexe Tim-Missaou (γ tm) :

Les granites de ce complexe constituent deux massifs importants : Tin-Alous situé au Nord-ouest de la feuille In-Aghabir et Issouden affleurant au Sud-est de la feuille Tibehaouine et représentent l'extrémité septentrionale du grand batholite Tim-Missaou. Les granites du complexe recoupent les roches de la série volcano- sédimentaire du protérozoïque supérieur et ils sont à leur tour transversés par les dykes subvolcaniques de la série volcanogène du protérozoïque supérieur. Les roches de ces dykes subvolcaniques sont signalées parmi les galets des conglomérats du cambrien inférieur (Série pourprée).

.2.3. Complexe Ihouhaouène (γ ch)

Les granites porphyriques à biotite grossièrement et moyennement grenus, gris rosâtres du complexe Ihouhaouène constituent les massifs suivants : Ihouhaouène proprement dit et Ihouhaouène oriental. Les corps ont une forme allongée.

Le massif Ihouhaouène est localisé aux limites d'In-Ouzzal, tandis que le deuxième massif se trouve dans la zone de faille Tigheieetoù les formations de la série volcano-sédimentaire servent de roches encaissantes.

.2.4. Complexe d'intrusions postorogéniques hypabyssales supplémentaires (υdp, γnII dp, ξydp) :

Ce complexe est caractérisé par une variété de mode de gisement et de facies hypabyssaux(avec prédominance de faciès subvolcaniques et hypabyssaux).

Une série de dykes constitue localement de longues ceintures qui recoupent des formations d'âges différents. Une partie des dykes se manifeste avec les structures locales.

Au sein de la série de dykes, on signale les groupes de roches suivantes :

1-Gabbros, diabases, porphyritesdiabasiques. **2**-Microdiorites, porphyritesdioritiques. **3**-Granosyérites-porphyrés, granites-porphyrés et porphyres rhyolitiques.

- **Bloc In-Ouzzal**

Il est constitué d'une grande ceinture de dykes de 18-20 km de largeur environ. Cette ceinture est allongée dans le sens Nord-ouest elle est composée des roches noires, compactes, à structure généralement finement grenue, contenant des plagioclases basiques, pyroxènes et hornblendes.

- **Bloc Tamerouelt-Tigheiert (partie septentrionale) :**

Cette région s'agit de fragments d'une longue ceinture de dykes .Ces derniers sont diabasiques analogues de direction sublatitudinale sont cartographiés aux limites du bloc Tan-Chaffaou, In-Aghabir. Ici, aux conns d'une bande large de 12-15 km, leurs dessins sont suivis sur une distance de 18-20 km ; leur développement est limité par deux failles de direction subméridienne.

3. Tectonique

Les plus importants éléments structuraux du socle en question sont les suivants :

1-Horst archéen d'In-Ouzzal composé de roches de formation charnockite-enderbite.

2-Région stable des formations de la série Tekouiiat et des anatectites du complexe Akefou datée du Protérozoïque inférieur-moyen.

3-Région du Protérozoïque supérieur d'activation tectono-magmatique, dont les formations constituent différentes zones de complexes intrusifs.

Les anciennes failles à directions principalement subméridienne et Nord- est se distinguent parmi les dislocations disjonctives. Il s'agit en premier lieu de la faille In-Ouzzal Oriental qui délimite le horst In-Ouzzal à

l'Est et d'une série de failles partageant de gros blocs tectoniques et déterminent le plan structural du territoire.

4.Minéraux utiles :

Dans le la région d'étude, un petit gisement, deux indices (Akefou et Ouest) et quelques dizaines de points de minéralisation ont été mis en évidence. Outre cela, il a été révélé quelques anomalies et auréoles de poussières de minerai.

4.1.Métaux ferreux.

-Fer :

Les indices de fer sont subdivisés en métamorphogènes (quartzites ferrugineuses), skarns, et volcano-sédimentaires.

Les quartzites ferrugineux forment des intercalations et des lentilles épaisses de quelques centimètres à des dizaines de mètres et longues de 10-15 km. La teneur en Fe y varie de 25 à 45%. Parfois, les quartzites ferrugineux se transforment en stériles. Tous ces indices se trouvent dans une bande large de 35-40 km. Ils sont suivis dans le sens Sud-ouest sur une distance de 150 km.

Les indices en question présentent des corps sous forme de nids et lentilles peu puissants à composition épidote-magnétite qui sont considérablement hématitisés et se développent sur les roches carbonatées et celles de composition basique, du protérozoïque tardif. Ces indices peuvent servir de critère de recherche pour d'autres minéraux utiles de type skarn.

-Chrome et Nickel :

Les indices de Ni-Cr sont associés aux amphibolites de la série Tekouiiat,gabroïdes, pyroxénites, serpentinites d'âge protérozoïque, ainsi qu'aux roches quartzo-carbonatées (calciphyres) de l'Archéen. Aux limites du territoire étudié, il a été révélé 55 objectifs de nickel et 6 de chrome. D'après

Les niveaux de concentration des métaux, ils font partie du groupe d'anomalies géochimiques (38 objectifs) et de points minéralisés (23). De basses concentrations de ces éléments sont typiques pour le groupe des roches gabbroïdes des complexes Akefou et Amded. Les teneurs les plus hautes en Co et Ni se trouvent en relation avec les massifs de serpentinites du complexe Amded.

.4.2. Métaux non Ferreux -Cuivre : Le cuivre forme de faibles trainées de dispersion longues de 3-4 km dans le périmètre des affleurements de roches les plus variées de la région étudiée. Ces trainées sont souvent accompagnées de celles de Pb et Sn également en faibles traces.

Des concentrations élevées de cuivre sont observées dans des secteurs et des points isolés. Elles sont associées aux roches du complexe In- Ouzzal, aux affleurements de la série pourprée et à la zone de jonction du bloc In- Ouzzal avec les formations plus récentes (sur le territoire de la feuille In- Aghabir).

-Plomb

Les trainées de dispersion du Pb, sont faibles. Dans le périmètre du bloc In-Ouzzal, il a été révélé certaines trainées de dispersion longues de 2 km et à teneur en Pb égale à 2,5-5,10 % formant une anomalie dont la superficie est d'environ 30 km². Cette anomalie est due à la teneur élevée en Pb au sein des métasyénites et des carbonatites. Les concentrations de Pb atteignent 0,15 % dans ces roches.

-Zinc: Il est assez rare, il est observable dans des concentrations proches du seuil de sensibilité de l'analyse, aux limites d'extension de différentes formations géologiques. Il ne forme pas d'anomalies.

-Etain: Cet élément est mis en évidence dans les trainées de dispersion en concentrations minimales au niveau du champ de développement des granitoïdes et par endroits, dans les roches métamorphiques du bloc Moudir-Zaouatane. Des concentrations élevées en étain sont notées aux

limites de l'endo-exocontact occidental des granites du massif Ihouhaouène, sur la rive droite du courant inférieur de l'Oued Tekouiat (feuille Tibehaouine) et le long du contact Ouest du massif Tan-Chaffaou.

-Or: Cet élément n'est révélé que dans des échantillons isolés en concentrations de 0,01- 0,2 gr/t. Pourtant, des teneurs en Or égales à 1,5 et 5 gr/t sont signalées dans deux échantillons. La majorité de ces échantillons est associées aux zones de failles In-Ouzzal oriental, Tan- Chaffaou occidental et Issoudem. Ces zones sont remplies de matière quartzo-filonienne contenant de l'or en concentrations allant de 0,01 gr/t à 5-10 gr/t.

-Argent: Cet élément a été révélé dans des trainées de dispersion en concentrations proches du seuil de sensibilité de l'analyse, au niveau de 0,1- 0,2 gr/t. C'est seulement les échantillons isolés qui ont montré des teneurs en Ag allant jusqu'à 1,0 gr/t. De telles concentrations basses en Ag forment de vastes champs géochimiques le long des zones de grandes failles : In-Ouzzal oriental, Tan-Chaffaou occidental-oriental et Issoudem.

-Tungstène et Molybdène: Les concentrations de ces métaux sont minimales sur les affleurements des granitoïdes. Des teneurs élevées sont très rares, on les signale dans des échantillons isolés ; leurs valeurs atteignent : tungstène 0,003 %, molybdène 0,0008 Niobium, on le trouve dans des valeurs situées au niveau du seuil de sensibilité de l'analyse exclusivement sur la feuille In-Aghabir, dans des trainées drainant les massifs des granites Ihouhaouène occidental et oriental. Ici, le niobium forme des anomalies dont la superficie va de 20 à 140 km². Des échantillons isolés contenant le niobium sont notés sur les granites du massif Tan-Chaffaou et dans son exocontact oriental.

-Terres rares: Parmi le groupe de terres rares, au sein des trainées de dispersion, il a été identifié le lanthane et parfois, le cérium et l'ytterbium. Le lanthane est présent dans des échantillons isolés dans des concentrations minimales et parfois en commun avec l'yttrium, l'ytterbium, le gallium, le

niobium, le strontium et le baryum. C'est seulement dans le périmètre de la feuille Tibehaouine, sur la rive gauche de l'Oued Tekouiiat que l'on a révélé une auréole de lanthane à intensité moyenne et dont la superficie est de 12 km². Cette auréole est orientée dans le sens Nord-ouest. Avec le lanthane, on y trouve l'argent et le bismuth, mais dans des concentrations minimales. Cette anomalie est associée aux roches de la série Tekouiiat recoupées par des diorites du complexe Akefou.

-Lithium: Le lithium est révélé en petites teneurs sur quelques granites et zones de failles, et en commun avec le bismuth. Le lithium forme des anomalies larges de 2 à 4-5 km et allongées dans le sens Nord-est, dans la feuille Tibéhaouine.

-Bismuth: Le bismuth est signalé dans des trainées de dispersion en concentrations minimales dans des échantillons isolés. Cet élément n'en forme pas les anomalies. Dans certains cas (sur la feuille Tibehaouine), ses concentrations sont au niveau du seuil de sensibilité de l'analyse (jusqu'à 0,0001 %) et forment des champs géochimiques, ensemble avec le lithium, sur les zones de failles.

B-Partie 2 : In Hihou-Takhamalt:

I-Litho-stratigraphie:

- Le territoire de la feuille d'In-Hihou et Takhamalt est constitué par des ensembles stratifiés et magmatiques d'âge et de genèse variés. Chaque ensemble géologique exprime une étape majeure de l'évolution géologique de la région. On distingue les ensembles cat azonaux de l'Ouzzalien et du Suggarien, respectivement d'âge archéen et protérozoïque inférieur, la Série de Tideridjaouine du Protérozoïque moyen, l'ensemble Pharusien du Protérozoïque supérieur, la série pourprée (Protérozoïque supérieur - Cambrien inférieur) et les terrains quaternaires.

I.1-Archéen (Complexe d'In-Ouzzal) :

-Les formations de cette série se caractérisent par un complexe métamorphique à faciès granulitique, affleurant dans la partie orientale du territoire de la feuille d'In-Hihou, couvrant une superficie d'environ 5.600 km². Il s'agit essentiellement d'un gros bloc archéen, dit « môle In Ouzzal », qui s'étend bien au-delà du cadre de notre étude.

A l'Ouest, la zone d'extension de ces terrains archéens est nettement limitée par l'accident Ouest Ouzzalien (2°27' E). Ils sont bordés, au Nord et au Nord-Ouest, par une bande de pointements Suggarien et de formations encore plus récentes. On distingue dans le complexe d'In Ouzzal cinq principaux groupes pétrographiques :

I.1.A- Les granulites basiques (AR) :

A ce groupe de roches sont attribués les norites, les gabbros-norites, les proxénètes, les péridotites, les plagioclases et les schistes cristallophylliens à hypersthénie, avec ou sans grenat. Les corps des granulites basiques présentent une forme stratoïde ou lenticulaire de longueurs plurikilométriques, avec des contours inégaux et sinueux, d'épaisseur variant entre 50 à 300 m. Il s'agit de roches mélanocrates inégalement grenues, à texture massive et rubanée.

-Les norites et gabbros-norites sont constitués de pyroxènes monocliniques (<15%) et orthorhombiques (<10%), d'andésine (60-65%) et d'hornblende brune (<10%). La biotite de teinte brun-rouge et le grenat sont souvent signalés dans les schistes cristallophylliens. Les pyroxénites et les péridotites contiennent jusqu'à 35% d'olivine, souvent serpentinisées. Le diopside, le grenat et la scapolite sont signalés dans les plagioclases. Certaines pyroxénites à grenat sont proches des éclogites. Les minéraux accessoires (<5%) sont essentiellement représentés par la magnétite, l'apatite et le spinelle.

Les gabbros et gabbros-norites à diorites des bordures Nord et Nord-Ouest du môle archéen se caractérisent par des roches mélanocrates, tachetées, parfois finement rubanées et à distribution inégale de minéraux noirs. Le rubanement primaire s'exprime par une texture taxitique et lenticulaire-rubanée, d'origine magmatique; le rubanement secondaire traduit des processus de recristallisation et de granitisation.

Leur structure est gabbroïque et prismatique. La roche est constituée d'andésine (<60%), d'hornblende brune (<30-35%), de pyroxène (0-5%).

Les norites et gabbros-norites étaient autrefois considérés comme des intrusions qui se seraient mises en place dans les schistes cristallophylliens à hypersthène qui leur sont associés et qui étaient envisagés comme étant des méta-volcanites. Nos observations montrent que les passages des norites aux schistes cristallophylliens sont souvent progressifs, sans contact franc; ce qui peut s'expliquer par la transformation des norites en schistes sous l'effet de la recristallisation et de la différenciation métamorphique. La nature plutonique des norites étant indiscutable; ce qui nous conduit à conclure que l'ensemble du groupe des granulites basiques représente aussi une origine magmatique. Une partie des plagioclases à grenat et diopside, ainsi que des pyroxénites à Structure grossièrement grenue représenteraient vraisemblablement des formations métasomatiques de type skarnoïde.

I.1. B- Les calciphyres (AR) :

Ces roches sont essentiellement développées dans la partie occidentale du môle d'In-Ouzzal, où elles forment trois à cinq corps stratiformes, d'épaisseur 10 à 100 m et atteignant 14 km de long. Ailleurs, elles sont observées sporadiquement sous forme de lentilles ou de niveaux, de moins de 10 m d'épaisseur et de moins de 3 km de long. A l'œil nu, ce sont des roches gris-bleuâtres, gris-mauves, à texture massive ou tachetée, à grain moyen.

Les explorateurs précédents attribuaient aux calciphyres d'In-Ouzzal une origine sédimentaire. A l'heure actuelle, il semblerait qu'elles sont soit

primitivement magmatiques (carbonatites) soit d'origine métasomatique. Ainsi, plus au Sud sur le territoire de la feuille Takhamalt, on observe un massif d'injection de roches similaires qui recoupe les enderbites et les norites encaissantes.

-Sur le territoire d'In-Hihou, les calciphyres sont toujours riches en enclaves, angulaires ou arrondies. Selon les géologues roumains, il s'agirait de métasomatites, comme le témoignent les relations qu'elles, entretiennent avec les roches alcalines et les anomalies radioactives. Ces données permettent d'émettre l'hypothèse selon laquelle les roches carbonatées du complexe d'In-Ouzzal auraient une origine magmatique ou métasomatique; hypothèse qui reste à vérifier sur les territoires voisins.

I.1. C- Les quartzites :

Les quartzites ont une grande extension dans le complexe d'In-Ouzzal. Il s'agit de quartzites feldspathiques, à grenat-sillimanite, à muscovite et monominérales. On note également des quartzites ferrugineux, Avec une quantité variable d'hypersthène, de grenat, de diopside et de cummingtonite.

Les corps de quartzites présentent un aspect stratiforme ou lenticulaire, S'étirant sur une longueur atteignant 10 km. Leurs épaisseurs ne dépassent pas 40 à 50 m. Ces quartzites ont une couleur grise, gris Foncé et gris bleuâtre. Ils se caractérisent par une structure finement à grossièrement grenue et une texture massive, schisteuse, à rubanement Fruste à fin. Ils sont souvent constitués de quartz et d'une petite quantité de silicates (0-10%). Seuls les quartzites ferrugineux offrent des espèces dans lesquelles l'élément constitutif principal est la magnétite (40-50%).

La composition des quartzites est sujette à des variations notables tant à travers, que dans le sens de l'allongement des structures. Il s'agit de passages graduels de quartzites monominéraux feldspathiques, avec ou sans mica, qui par la suite cèdent leur place (par substitution) à des roches quartzo-feldspathiques de type pegmatitique et des granites alaskitiquespegmatoïdes.

Dans le sens de l'allongement, les quartzites passent souvent soit à des quartzites monominéraux stériles soit à des roches à quartz-magnétite hypersthène, avec des reliquats du substratum basique.

I.1. D-Les plagiogranito-gneiss à hypersthénie (enderbites) :

Il s'agit d'un ensemble granitoïde archéen ultra métamorphique qui prédomine dans les terrains du complexe d'In-Ouzzal et auxquels toutes les roches susmentionnées servent de «substratum». Parallèlement à ces roches, les granitoïdes participent à la constitution des structures plissées archéennes à plans multiples.

L'ensemble des granito-gneiss se distingue par des structures finement à grossièrement grenues, par leur texture massive rubanée, gneissique et par leur composition inégale des minéraux leuco-et mélanocrates. Les études détaillées ont permis de découvrir en de nombreux points des passages progressifs entre les schistes cristallophylliens, les gabbros, les norites, les gabbros-norites et les plagiogranito-gneiss à hypersthène (enderbites) de l'encaissant. La largeur des zones de transition dépend du processus de la granitisation et de la composition du substratum. Les roches les plus réfractaires de cette substitution sont représentées par les schistes cristallophylliens, les norites et les gabbros-norites. Les zones des migmatites de contact sont contrastantes. Elles représentent une fine séquence de lits du substratum avec des alternances de plagiogranites à hypersthène. La largeur de ces zones peut atteindre des dizaines et même des centaines de mètres.

I.1. E-Les gneiss-granites leucocrates :

Cette série se caractérise par des intrusions sous forme des dômes gneisso-granitiques. Elle se localise dans les zones archéennes intensément plissées. L'action franche de ces granites sur les épontes est confirmée par la présence de multiples apophyses (fillonnets) sécantes. Les granites de ce groupe génétique présentent un aspect leucocrate avec absence complète d'éléments mélanocrates, une texture massive gneissique et une structure

inéquigrenue. Les gneisso-granites sont composés par un cortège minéral varié, représenté principalement par le microcline (30-40%), le plagioclase-oligoclase (25-45%), le quartz et la muscovite (myrmékitisation). Cette dernière, témoigne du rôle important que jouait la métasomatose potassique dans la formation de ces granitoïdes. Outre les dômes gneissiques, les granites en question sont toujours associés aux enderbites et la plupart du temps, est pratiquement impossible de les différencier en raison de la complexité de leur alternance.

I.2-Protérozoïque Inférieur : Suggarien (PR1sg)

-Il s'agit d'une série de roches intensément métamorphisées en gneiss à faciès amphiboliques, schistes cristallophylliens, d'amphibolites, marbres, quartzites et micaschistes quartzifères. Elle se présente sous forme de lentilles et de petits niveaux de faible épaisseur, encaissée dans la masse à granito gneiss amphiboliques. Les roches sont intensément migmatisées, avec des injections sécantes d'aprites, de pegmatites et de filons de quartz.

- Cette série affleure sous forme de deux bandes subméridiennes, Jalonnant la bordure occidentale du territoire de la feuille d'In-Hihou et la bordure occidentale du môle In-Ouzzal. Le Suggarien y borde apparemment le môle in-Ouzzal sous forme d'un large arc, limitant son extension vers le Nord. Les roches présentent un pendage doux à l'Est, compliqué par une série de petits plis plats.

- Les roches appartenant au complexe Suggarien se composent principalement de gneiss, de quartzites, d'amphibolites, de schistes cristallophylliens à biotite et amphibole et de marbres. Leur âge Eoprotérozoïque est attribué sur la base de l'âge de ses structures plissées méridiennes qui est plus jeune par rapport à celui des structures sublatitudinales de l'Archéen qu'elles recoupent.

I.3. Protérozoïque Moyen: Série de Tideridjaouine (PR2t) :

- Cette série se compose de couches monotones de quartzites, de quartzito-grès et micaschistes quartzifères, recouvrant l'ensemble de l'Adrar de Tideridjaouine, situé au Sud-ouest de la feuille d'In-Hihou.

Les conglomérats de base de la série ne sont pas connus ni d'ailleurs son socle. Sur le plan structural, la série affleure sur le périmètre du bassin pharusien, surmontée par les formations de la série à stromatolithes. Les roches de cette série sont essentiellement composées par :

- Les quartzites monominéraux qui forment des couches d'épaisseur variable (0,5 à plusieurs mètres).

- Les quartzites hyper alumineux sont des quartzites lités à muscovite, dans lesquels on trouve aussi de l'hématite et de la tourmaline et quelquefois du zircon.

- Les quartzites massifs à grain fin sont des roches dépourvues de traces de stratification.

- Les quartzites feldspathiques sont rares.

- Les micaschistes quartzifères sont des roches facilement altérables qui forment de multiples interlits dans les quartzites,

- Les conglomérats ne sont signalés que dans un point de l'Adrar Tideridjaouine où ils sont observés sous forme de lentilles

- Les quartzito-grès forment une série importante d'environ 2000 à 3000 m de large. Elle est caractérisée par des couches continues d'épaisseur métrique.

I.4- Protérozoïque Supérieur: Pharusien :

- Les terrains protérozoïques supérieurs du complexe pharusien constituent une bande subméridienne de grande étendue, affleurant surtout dans la partie occidentale du territoire de la feuille d'In Hihou. D'après

Caby (1970), cet ensemble est subdivisé en deux séries qui se distinguent par leur composition lithologique. Il s'agit de la série inférieure dite « la série à stromatolithes » et la série supérieure dite série « verte ».

I.1.4.a- Protérozoïque supérieur : Série à stromatolithes (PR3st) :

-La série à stromatolithes (PR3st) se distingue au Nord-Ouest du Hoggar

(J. Fabre & J .M. Freulon, 1962; R. Caby, 1970). Sur le territoire de la feuille d'In-Hihaou et la feuille takhamalt, elle affleure en bordure des terminaisons Nord et Sud du synclinorium d'In Zize. Il s'agit d'une série constituée de roches carbonato-terrigènes siliceuses (schistes, quartzites, marnes, calcaires, jaspes à hématite, avec une quantité subordonnée de tufs et de laves volcaniques de composition basique à acide).

I.4. b- Protérozoïque supérieur : Série verte (PR3V)

-Décrits pour la première fois par R. Caby (1970), ces terrains affleurent dans la moitié occidentale du territoire de la feuille d'In Hihaou et takhamalt, couvrant une superficie de 1500km². Il s'agit d'une puissante série (inférieure à 4000 m) de roches volcaniques et terrigènes, subdivisée en trois unités principales :

.b-1- L'unité inférieure (PR3V1) : Cette unité est localisée dans les secteurs marginaux du graben synclinal.

.b-2- L'unité médiane terrigène (PR3 V2): Cette unité affleure au centre du graben-synclinal, où elle repose sur les terrains de l'unité inférieure.

.b-3- L'unité supérieure volcano-sédimentaire (PR3V3) : Elle se localise dans la partie centrale, du graben-synclinal, où elle repose en pente douce sur les terrains de l'unité médiane.

1.5. Protérozoïque supérieur-cambrien inférieur : Série pourprée (PR3E1).

Il s'agit de grès et de conglomérats peu disloqués et non métamorphisés, comportant des lentilles et bancs de calcaires, de silts et roches siliceuses. On note également des coulées de basaltes, d'andésites, d'ignimbrites rhyolitiques et de tufs dérivés, au voisinage des édifices subvolcaniques des Taourirt. Ces formations sont discordantes sur les terrains pharusiens et les roches plutoniques qui les recoupent. Au Nord du territoire d'In Hihaou et takhamalt, les dépôts de la série pourprée sont surmontés en discordance par les grès du Tassili. Cette série est subdivisée en deux unités, à savoir : l'unité inférieure volcano-sédimentaire et l'unité supérieure terrigène.

I.1.5. a-Unité inférieure PR3-E11P :- Cette unité se caractérise par de petits pointements, apparaissant surtout dans le coin N-E de la feuille d'In Hihaou et takhamalt.

-Les roches composant cette unité sont essentiellement représentées par des volcanites et des tufs de composition intermédiaire à acide (andésitobasiques, andésites-dacites, rhyolites et tufs dérivés). Des lentilles et intercalations de conglomérats, micropoudingues et grès atteignant 120m d'épaisseur, sont localement constatées.

Le long de la bordure orientale de l'Adrar In-Hihaou, l'unité de base est représentée par des andésito-basaltes et des andésito-dacites, plongeant doucement vers l'Ouest et vers le centre de la structure volcano-plutonique.

I.1.5. b-Unité supérieure PR3-E21P : Cette unité affleure sous forme de pointements isolés dans partie Est et Nord du territoire de la feuille d'In-Hihaou. Le plus important d'entre eux, est le pointement occidental, appartenant au bassin d'Egatalis, qui est suivi loin vers l'Ouest, au-delà des limites du territoire de l'étude. Les contacts des formations de cette unité avec les terrains sous-jacents sont la plupart du temps fortement tectonisés.

Les formations affleurant dans cette unité sont essentiellement représentées par des :

- Poudingues à éléments petits à moyens.
- Cette formation présente une épaisseur de 50 à 60 m et le pendage des couches est de 15-20°E.
- Grès arkoses et polygéniques (150-200 m d'épaisseur).
- Alternance d'arkoses et de grès lités (800-900 m d'épaisseur).

I.2- Quaternaire :

-Les formations de cet âge sont plus ou moins bien développées sur le territoire de la feuille d'In-Hihaou et la feuille de takhamalt. Elles constituent les terrasses fluviales de hauteur modérée qui comblent les vallées des oueds. Elles forment par endroits des dunes atteignant une centaine de mètres de hauteur. On retrouve les terrains du Quaternaire moyen-supérieur, du quaternaire supérieur-actuel et actuel.

I.2.a-Terrains du quaternaire moyen-supérieur (QII-) :

- Ces terrains sont essentiellement représentés par des alluvions sableuses et caillouteuses, des terrasses anciennes, très érodées, formant par endroits des petites collines à pente douce. Ces dernières, sont constituées par des blocs et des galets, intercalés de sable, gravillons, moins souvent de limons (probablement d'origine lacustre). L'épaisseur maximale de ces terrains est de 40 à 50 m.

. Les champs les plus vastes de ces dépôts de terrasses sont cartographiés dans l'oued Ahendedar. L'âge ancien de ces dépôts est déterminé selon des critères géomorphologiques.

I.2.b-Terrains du Quaternaire supérieur-actuel (Q-IV) :

-Ces terrains sont représentés par des dépôts d'oueds, des pentes et des épandages proluviaux (cônes de déjection). Les alluvions fluviales atteignent 10 m d'épaisseur da l'oued Ahendedar. Les résultats des travaux miniers (puits) montrent que ces dépôts sont constitués de sables et de gravier (V. Izarov, 1972). L'épaisseur des terrains de pente et des cônes de déjection atteint leur maximum aux pieds des Adrars. Ils couvrent parfois de très vastes étendues.

I.2.c-Terrains actuels (QIV) :

-A ces terrains se rapportent les sables éoliens, formant de petits ergs et des chaines de dunes qui sont relativement importantes par endroits (exemple dans l'erg de GuidiAzzedene). Le vent et les divers obstacles créés par la topographie des reliefs, jouent un rôle prépondérant dans l'accumulation de ces dépôts dans cette partie du Sahara.

L'âge plus récent de ces formations, par rapport aux alluvions des oueds, apparait nettement à différents endroits. Les sables des ergs et des dunes sont en perpétuel mouvement et recouvrent entièrement ou partiellement les alluvions des oueds, bien visibles à 10 km au NE de l'extrémité septentrionale de l'Adrar Tideridjaouine.

2-MAGMATISME :

Les formations magmatiques jouent un rôle important dans le contexte géologique du territoire de Tekhammalt. Il s'agit surtout des formations acides (granitiques). Les roches neutres, basiques et ultrabasiques sont moins fréquentes. Leur datation est basée sur l'association spatiale avec des assises métamorphiques, à l'exception des roches liées l'orogénèse panafricaine.

2.1-Complexe magmatique archéen :

Ce sont les charnockites qui constituent quelques massifs au Nord de Tekhammalt. A proximité de l'Adrar Tekhammalt et Tan-Atram, se situe un massif constitué d'après M. Gravelle, de syénites à quartz de composition calco-alcaline.

-Les massif gneissiques et granito-gneissiques sont fréquents et s'allongent vers le NE. La zone de contact externe SE et SW, large de quelque centaines de mètres, comporte des migmatites passant progressivement aux gneiss ouzzaliens. L'aspect discordant de ce massif par rapport aux roches encaissantes, laisse suggérer une origine intrusive. Le massif a été métamorphisé dans le faciès granulite, donnant aux granitoïdes une structure rubanée gneissique avec apparition de l'hypersthène.

2.2-Complexe magmatique du Protérozoïque inférieur :

-La granitisation affectant l'assise gneissique du Suggarien a abouti à la formation des migmatites. On retrouve souvent des corps granitoïdes avec une abondance de granites, de granitoïdes et de diorites gneissiques, L'extension des corps est de plus de 15Km, avec une largeur de 3 à 5km. A noter que les corps magmatiques comportent autant de variétés massives que gneissiques. Leurs contacts avec les roches encaissantes sont flous; ce qui est propre aux terrains de développement de diorites et granitoïdes. Elles sont composées de plagioclases (oligoclase), de quartz, de biotite et d'amphibole. On signale de l'épidote-magnétite, du microcline réticulaire et du sphène. Le quartz est toujours d'origine filonienne.

-Des massifs de petits corps localisés au Nord de Tekhammalt, parmi les roches ouzzaliennes se rapportent aussi au Protérozoïque inférieur.

-La texture des granites est hypidiomorphe-grenue et perthitique.

-L'introduction des dykes gabbroïques et ultrabasiques est liée au complexe magmatique du Protérozoïque inférieur.

-Les gabbros-norites : Ils présentent une texture gabbroïque, avec une structure massive faiblement rubanée.

-On signale des dykes isolés d'anorthite ou labrador.

2.3- Complexe magmatique du Protérozoïque supérieur :

-Il comporte des roches variées de composition acide jusqu'à ultrabasique.

-Les intrusions gabbroïques plus récentes, se sont introduites en deux phases. En effet, des corps étirés de gabbros, de gabbro-norites et de gabbros à olivine se rapportent à la phase principale précoce.

-Un massif de granites biotitiques de direction NE, se distingue dans la partie ouest de la feuille. Il présente une longueur d'environ 20Km.

-Les zones de contact interne est du massif comportent des adamellites de composition biotito-hornoblendique.

-Ces zones sont composées principalement de plagioclase pélite et séricitisé, de quartz, de microcline-perthite, de biotite feuilletée brune et d'hornblende verte.

-Au Nord du territoire, les roches de la série à stromatolithes comportent de nombreux corps granitiques semblables à ceux décrits plus haut.

Dans la zone faillée ouest Ouzzalien, ils sont cataclasés et mylonitisés.

-La série filonienne est représentée par de petites veines apliques qui recoupent les granites et les gneiss encaissants.

-Les granites présentent une texture hypidiomorphe-grenue Ils sont composés de quartz, d'oligoclase, de microcline-perthite et de biotite.

-La série filonienne est représentée par de petites veines apliques qui recoupent les granites et les gneiss encaissants.

-Au SE du territoire, on note un massif de granodiorites du Protérozoïque supérieur qui recoupe les roches de la série verte.

-Les terrains suggariens, ouzzaliens et ceux de la série à stromatolithes comprennent des granite-porphyres, des porphyres quartzeux et des filons pegmatitiques.

-Les pegmatites comportent des teneurs élevées en métaux rares (niobium, wolfram et étain) sans valeur économique.

-Les dykes peu épais, sont schistosés, épidotitisés et quartzifiés.

3 – MINERALISATIONS :

-La feuille d'In Hihou ne comporte aucun gisement économiquement intéressant. Les travaux de synthèse menés dans le cadre de cette étude ont abouti à la mise en évidence de 13 indices, 81 points de minéralisation, 137 anomalies géochimiques, 5 auréoles minéralogiques et 15 auréoles de dispersion litho-géochimique de métaux ferreux, non ferreux, métaux rares, métaux précieux et substances utiles non Métalliques.

.1. Métaux Ferreux :

.1.a-Fer : La minéralisation ferrifère est localisée dans les quartzites ferrugineuses du complexe d'In Ouzzal; Les quartzites ferrugineuses se localisent dans un niveau caractéristique de la coupe du complexe d'In Ouzzal qui se distingue par la grande quantité du substratum basique résiduel et des produits de la transformation qu'il contient(gabbros-norites, pyroxénites, schistes à pyroxène amphibolites, roches grenatifères, calciphyres, Quartzites stériles).

.1.b-Titane:Au stade actuel des connaissances, le territoire de l'étude comporte 6 anomalies géochimiques de titane. Elles se localisent dans les zones de silicification et d'épidotisation des roches plutoniques basiques et des terrains de la série verte. Ces anomalies sont dépourvues d'intérêts pratiques.

.1.c-Manganèse : Les anomalies de manganèse ont été identifiées dans des amas nidifiés de rhodonites roses qui se trouvent dans les roches carbonatées du complexe d'In Ouzzal et du Pharusien, parfois associées aux roches carbonatées de la série verte dont l'une se localise dans un xénolite d'amphibolite emballé dans les diorites du complexe pharusien.

Tous ces indices sont pratiquement dépourvus d'intérêts pratiques.

.2. Métaux Non-Ferreux :

.2.a-Cuivre : Le cuivre se localise dans les terrains pharusiens et est génétiquement liée à l'activité volcanique tardi-protérozoïque. Laminérisation cuprifère des terrains volcano-sédimentaires de la série verte est de type cuivre pyriteux, liée à l'étape finale du volcanisme.

.2.b-Plomb : sur le territoire de la feuille d'In Hihaou, la minéralisation plombifère a été localisée en 6 points de minéralisation et en 19 anomalies géochimiques, la plupart de ces anomalies sont associées aux zones de silicifications veinulées et aux filons de quartz affectant les terrains des complexes suggarien, In Ouzzal, Taourirt, ainsi que ceux de la série verte, série pourprée et série à stromatolithes.

.2.c-Zinc : les anomalies géochimiques de zinc marquent les zones de silicification et de bréchification affectant différentes roches, ainsi que les filons de quartz isolés.

.2.d Etain -: il a été découvert en tout 3 anomalies géochimiques sur le territoire de la feuille d'In- Hihaou, Elles sont toutes localisées dans le môle d'In Ouzzal et correspondent à des pegmatites, quartzites et à des filons de quartz.

.2.e-Cobalt et nickel : ces métaux forment 13 anomalies géochimiques mixtes dans les roches du Suggarien et de la série verte.

.3-Métaux rares : il a été localisé en tout 1 indice et 28 points de minéralisation et anomalies géochimiques de métaux rares, tels que le

molybdène dans les filons de quartz, la Wolframite et la Cassitérite dans les greisens, avec des teneurs légèrement anormales en Tungstène, Molybdène, Niobium, Hafnium, Bismuth et Béryllium dans plusieurs autres formations, le béryllium est la plus part du temps constatés dans les filons de quartz aurifères.

.4-Métaux précieux : Une quantité relativement importante d'indices d'or et d'argent a été découverte. Une typologie principale se distingue à l'étape actuelle des connaissances géologiques : le type hydrothermal des filons de quartz aurifère. Dans les autres terrains, notamment dans les quartzites ferrugineux du complexe d'In Ouzzal, seuls quelques échantillons présentent des traces d'or et d'argent et d'ailleurs avec des concentrations très basses de quelques centièmes à 4g/t.

Les indices d'or liés aux filons de quartz sont localisés au sein du môle In Ouzzal et ne peuvent présenter aucun intérêt pratique en tant que gîtes indépendants. Les filons de quartz des terrains pharusiens sont peu favorables pour la découverte éventuelle de la minéralisation aurifère.

4. TECTONIQUE :

A l'échelle régionale, le territoire de la feuille d'In-Hihaou se situe dans une zone particulière, où s'articulent à l'Ouest le craton Ouest-africain, à socle consolidé daté de 1800-2000 MA (J. Fabre, 1962) et à l'Est la ceinture plissée nigérienne d'âge panafricain.

Cette zone fait preuve d'une mobilité, durant l'Antécambrien et le Paléozoïque inférieur. Les plus importants édifices structuraux se résument comme suit :

- Le Mole d'In Ouzzal, constitué de roches archéennes.
- Les bandes subméridiennes Ouest et Est des formations suggariennes.

- Le synclinorium (ou graben-synclinal) d'In Zize, composé par les terrains du complexe pharusien.
- Les formations volcano-plutoniques du complexe des Taourirt.
- Les structures surimposées en graben et les nappes peu disloquées, formées par les terrains de la série pourprée.

4-1- Tectonique souple

Dans le mole de In ouzzal, reside des structures plissées de direction Nord-Est ou sublatitudinale, les structures prédominantes sont représentées par des plis anticlinaux ou synclinaux fortement serrés avec des plans axiaux, verticaux ou renversés vers le Nord-nord-ouest. Les plis relativement plats avec des flancs qui s'étalent sur une dizaine de kilomètres de largeur, sont rarement signalés.

L'étude structurale détaillée menée à 15 km au Sud-Ouest de l'Adrar In Filalene, montre qu'il s'agit d'un système de plis synclinaux et anticlinaux capricieusement conjugués et facilement identifiables. Ces plis sont affectés par des niveaux de quartzites ferrugineux facilement repérables sur les photos aériennes.

A l'extrême Sud-Est du territoire de la feuille d'In-Hihaou, les terrains métamorphiques et ultramétamorphiques de l'Archéen sont déformés en plis isoclinaux raides, avec une amplitude des flancs atteignant 4-6 km de largeur.

Au Nord-Est, on note un anticlinal étroit, de coordonnées 2°50'-3°00' de long. E et 23°10' -23°20' de lat. N ; cet anticlinal se raccorde à un pli synclinal déjeté vers l'Est, sa partie centrale est compliquée par un plissement transversal qui se dessine nettement par des niveaux de quartzites ferrugineux et de granulites basiques.

A l'Est de l'Adrar Nahalet, se distingue une série de plis anticlinaux et synclinaux rapprochés ; ces plis montent des flancs s'étalant sur une largeur de 4-6 km, avec des pendages subverticaux (60-65°).

Dans la région de l'Adrar Tihimatine, la morphologie de la structure plissée est moins claire et le soubassement est moins développé.

Toutes ces structures plissées sont compliquées par des plissements d'ordre supérieur. Selon leur genèse, on distingue des plis d'entraînement, des plis en chevrons et des plis-failles. Il s'agit de plis plats, raides, déversés, renversés et isoclinaux.

La schistosité (S0) est presque partout, conforme au rubanement des roches, sauf quelques zones subméridiennes affectées par une schistosité secondaire (S1), oblique par rapport à la schistosité ancienne (S0) (au Sud de l'Adrar Tin-Trinine).

Les formations sont déformées en plis linéaires étroits déversés vers l'Ouest. Il s'agit souvent des isoclinaux, de direction subméridienne. Ces plis sont dans l'ensemble parallèles à la structuration générale du bassin pharusien. Les roches sont affectées par une schistosité (S1) qui recoupe la schistosité ancienne, parallèle aux surfaces axiales des plis subméridiens surimposés.

Ainsi, il est donc admis que le caractère des structures du complexe Suggarien est polycyclique, traduisant :

- 1.** Mise en place de roches à schistosité et rubanement subhorizontaux, formant des plis plats de dimension variable.
- 2.** Surimposition sur ces structures des déformations subméridiennes du cycle Pharusien.

Le cycle kibarien s'exprime dans le plissement isoclinal qui affecte la série quartzitique de Tideridjaouine (R. Caby, 1970).

Bien que nous ayons trop peu d'information pour pouvoir distinguer les structures du cycle kibarien dans les formations archéennes et suggariennes, nous pouvons cependant affirmer que les structures plissées de la série de Tideridjaouine sont nettement plus anciennes que celles du cycle pharusien de la bande suggarienne orientale.

En ce qui concerne les structures du cycle pharusien, nous distinguerons les plis précoces relativement plats, On note également les plis plus tardifs fortement serrés (jusqu'à l'état de plis isoclinaux) qui s'expriment dans les structures plissées jalonnant la marge orientale du synclinorium d'In Zize. Ces plissements forment une bande atteignant 40 m de largeur.

Des terminaisons périclinales de plis primitivement plats sur lesquels se superpose une schistosité secondaire oblique, à pendage raide à l'Est, sont souvent constatées dans cette bande.

Selon R, Caby (1970), la mise en place des plis tardifs et des zones de schistosité secondaire serait liée à une étape de forte compression de la région, résultant de la subduction du craton Ouest-africain sous le môle d'In Ouzzal à la fin de l'orogénèse pharusienne. C'est à ce stade que se forment les autres éléments structuraux majeurs de la moitié occidentale du territoire de la feuille d'In Hihaou.

Il s'agit de la restructuration du Suggarien avec la mise en place de plis déjetés vers l'Ouest, la formation de zones de schistosité subméridiennes et de cisaillements subméridiens à caractère décrochant (R. Caby, 1970).

Le plus important décrochement est celui de l'accident Ouest-ouzzalien, qui est toujours actif.

L'évolution structurale de la région d'étude ainsi que la mise en place du complexe des Taourirts et de la série pourprée est marquée par des phénomènes de distension.

La structure la plus rigide de la région et celle du Môle d'In Ouzzal qui a été cisailée par des cassures ouvertes profondes à la faveur d'injection de

grandes masses magmatiques, avec mise en place des édifices plutono-volcaniques du complexe des Taourirts.

Dans la région d'In- Hihaou, cet édifice présente dans l'ensemble la forme d'une cuvette avec un pendage des roches volcaniques de 5° à 50°.

4-2- Tectonique cassante :

Les déformations affectant cette région, se traduisent par d'importants accidents cassants. Il s'agit essentiellement de décrochements subméridiens, signalés par R. Caby (1972), et dont le plus spectaculaire est le cisaillement Ouest-Ouzzalien (2°27' de long E). Cet accident est jalonné par de multiples intrusions, de différents dykes, d'un système d'accidents tectoniques secondaires obliques et de zones fissurées.

La tectonique cassante joue un rôle important, aussi bien dans la constitution de l'ensemble du territoire que dans sa métallogénie. La structure cassante la plus importante est celle du système de l'accident Ouest-Ouzzalien qui se compose de plusieurs fractures subparallèles de direction subméridienne. Les formations archéennes sont en contact direct avec les terrains du Protérozoïque inférieur et supérieur. Ce système de cassure est souligné par la présence de corps magmatiques acides, neutres (intermédiaires), basiques et ultrabasiques.

La fissuration des terrains est soulignée par la présence de filons de quartz de petites tailles, quelquefois porteurs de minéralisation polymétallique ou aurifère.

Les fractures d'ordre supérieur sont relativement fréquentes sur le territoire d'étude elles présentent diverses directions d'orientation.

Dans certains cas, les roches sont broyées, cataclasées et épidotitisées.

Parfois, elles ne sont pratiquement marquées par aucune altération des roches.

Les cisaillements se manifestent largement sur le territoire de l'étude. Ils sont marqués par une fissuration oblique secondaire et des décollements intraformationnels.

La tectonique mésozoïque est également présente dans la région de In Hihaou, les failles sont généralement orientées vers le Nord-Est et peuvent atteindre quelques centaines de kilomètres de longueur. Il s'agit de failles normales, dont l'âge a été déterminé sur le territoire de la feuille voisine de Tekhammalt (Denissenko & al, 1978).

C-Partie 3: Kef Egatalis-Bidon V

1- Stratigraphie :

La structure géologique de la région considérée est complexe et variée.

Les formations géologiques y sont représentées depuis l'Archéen au Crétacé, ce qui indique une évolution longue et complexe. Les formations du Protérozoïque supérieur et de l'Ordovicien-Dévonien, constituant environ 70% du territoire, sont les plus répandues. Les formations archéennes le sont beaucoup moins.

1-1-Archéen :

Complexe d'In Ouzzal :

Les formations archéennes sont peu répandues et ne sont cartographiées que dans la partie centrale et au SW de la feuille Tin Senasset. Dans la partie SW les formations archéennes affleurent sous forme d'une bande peu large (2-5Km) mais bien étendue (environ 35 Km) à orientation NW. Vers le Nord, elles sont recouvertes par des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien. Vers le SW, suivant la série d'accidents à orientation NW et sublatitudinales, elles viennent au contact avec les formations volcanosédimentaires de la série volcanique.

La superposition en discordance angulaire des volcanites acides sur les roches archéennes n'a été distinguée que dans la périphérie W de l'Adrar Taoudrart.

Dans la bordure des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien, les roches archéennes sont recoupées par deux petits massifs de granitoïdes de l'ensemble Tin Senasset. Dans la partie NW, elles sont injectées par des intrusions de gabbros et de granites de l'ensemble Tin Senasset. Au SE, elles sont surmontées par des porphyrites andésitodacitiques de la série volcanique. Le contact des roches archéennes avec des gneiss du Protérozoïque inférieur est tectonique. La composition des formations archéennes est plus ou moins homogène. Elles sont représentées par des enderbites rétro-morphosées (charnockites sodiques), des gneiss à pyroxène, avec de rares passées lenticulaires de quartzites à magnétite.

1-2- Protérozoïque (PR) :

Les formations protérozoïques sont largement répandues dans la région étudiée totalisant plus de 95% du territoire du socle plissé antépaléozoïque.

Suivant les données de la géochronologie, les formations protérozoïques sont divisées en deux unités : Protérozoïque inférieur et Protérozoïque supérieur. Quelques séries caractérisées par des traits communs de la structure et du métamorphisme sont distinguées dans chaque unité.

1-2-1- Protérozoïque inférieur (PR1) :

Les formations du Protérozoïque inférieur de la région étudiée ont été reconnues pour la première fois par R. Caby (1969) et groupées en série du Tassendjanet.

Les études effectuées avaient montré une extension plus large des formations du Protérozoïque inférieur et leur position a été déterminée dans la coupe stratigraphique générale de la région.

L'étude de la disposition des roches et des associations paragenétiques, du chimisme,

des particularités structuro-texturales, ont permis d'y distinguer les pararoches stratifiées et les granitoïdes d'origine ultramétamorphique. Sur la base de ces données. Les para-roches stratifiées et profondément métamorphisées, attribuées au Protérozoïque inférieur sont groupées en série d'Egatalis selon le nom de la feuille où sont observées de larges extensions et les coupes les plus complètes. L'ensemble du Tassendjanet est composé de granitoïdes d'origine ultramétamorphique.

1.1. a-Série d'Egatalis (PR1 *eg*) :

Les formations métamorphiques de la série d'Egatalis sont réparties à l'W et à l'E de la feuille Ouallen où elles sont intimement liées dans l'espace avec les grands massifs anciens de granitoïdes.

La limite inférieure de la série d'Egatalis n'est pas déterminée à l'exception du secteur situé dans la partie E de l'Adrar Taoudrart où les gneiss du Protérozoïque inférieur sont en contact tectonique avec les enderbites archéennes (feuille Tin Senasset).

La limite supérieure n'est reconnue avec certitude que dans la zone de l'Adrar Taoudrart où les roches de la série d'Egatalis sont surmontées en discordance angulaire par des quartzites, grès quartzitoïdes et grès conglomératiques de la série de l'Ahnet (partie inférieure de la coupe du Protérozoïque supérieur).

La série d'Egatalis est composée de gneiss variés (à biotite, à deux micas, à amphibole, à biotite-amphibole, à pyroxène (augite, diopside), à hornblende, parfois à grenat), de granito-gneiss, amphibolites à grenat, gabbro à amphibolite, schistes cristallins (à amphibole, à quartz et muscovite, à grenat-quartz-muscovite etc.) avec des niveaux continus de

quartzites (parfois de jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement de marbres.

Il convient de noter que la structure de la série considérée est très complexe. Malgré la complexité structurale et le degré d'affleurement des roches métamorphiques, deux ensembles ont été distingués :

-Ensemble inférieur (PR1 eg1) :

L'ensemble inférieur se caractérise par une composition variée de roches métamorphiques qui sont représentées par des gneiss à deux micas, à biotite, parfois des gneiss à grenat, des gneiss granitiques à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss à pyroxène (augite diopside) hornblende, des schistes cristallins à amphibole, à quartz- muscovite, à grenat-quartz- muscovite et autres, et des niveaux continus de quartzites (parfois jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement des marbres. Les roches sont intensément déformées et dessinent des plis en dômes, isoclinaux et linéaires. Le pendage de la schistosité varie largement de 30° à 90°.

-Ensemble supérieur (PR1 eg2) :

Les formations métamorphiques attribuées à l'ensemble supérieur se caractérisent par une monotonie des roches. Elles sont représentées par des amphibolites, des amphibolites à grenat et parfois des amphibolites gabbroïques, des plagiogneiss à amphibole parfois intensément migmatisés, en quantité très subordonnée, des plagiogneiss à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss granitiques, des quartzites et des marbres.

Les roches sont également intensément déformées et dessinent des plis surtout sur la feuille Tin Senasset. Les coupes les plus complètes de l'ensemble considéré se trouvent sur les feuilles Egatalis et Tin Senasset.

1-2-2- Protérozoïque supérieur (PRZ) :**1.2. a- Série de l'Ahnnet (PRZ ah) :**

Les formations de la série de l'Ahnnet sont largement répandues et constituent les plus grands reliefs.

La limite inférieure de la série n'a été établie que dans la région de l'Adrar Taoudrart (feuille Tin Senasset) où on observe une discordance angulaire par endroits avec des conglomérats à la base des formations considérées, sur les surfaces altérées des roches métamorphiques du Protérozoïque inférieur.

Au NE de l'Adrar Tin Zebbane el Beida (feuille bidon V), les schistes quartzeux de la série de l'Ahnnet sont en contact tectonique (faille) avec des roches métamorphiques du Protérozoïque inférieur.

En ce qui concerne la limite supérieure, elle est dans la plupart des cas tectonique et ce n'est que dans la partie E de la feuille Tin Senasset, dans les contreforts de l'Adrar Ahnet qu'on a constaté la superposition en discordance angulaire des calcaires de la série à stromatolithes sur les grès quartzoïdes de la série de l'Ahnnet. On y observe un cortège d'accidents cassants offrant une orientation NW et NE compliquant les relations entre les séries ainsi que le plissement complexe des roches jusqu'à leur renversement. Dans la région de l'Adrar Ougda (la partie orientale de la feuille Ouallen) les dépôts de la série forment un anticlinal pincé entre les failles.

1.2. b - Série à Stromatolithes (PR2 st) :

Les dépôts de la série à stromatolithes ont été cités dans la région considérée en 1952 par M. Lelubre, et décrits ultérieurement par Fabre, Freulon, 1962; Caby, 1967, 1983, Bertrand-Sarfati, 1969 et d'autres.

Les dépôts de la série sont largement répandus au N du territoire considéré (5-7% du territoire des feuilles Ouallen et Tin Senasset) ainsi qu'au NE de la feuille Egatalis.

Les dépôts de la série à stromatolithes reposent sur les grès quartzitoïdes de la série de l'Ahnnet (dans le sillon de l'Ahnnet, dans la région de l'Ahnnet et dans la région de l'Adrar Ougda).

La limite supérieure de la série a été reconnue dans quelques points d'observation sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les grès, argilites et calcaires de la série à stromatolithes viennent reposer en discordance angulaire les laves et clastolaves de trachyandésites et de porphyres et tuffo-conglomérats de roches sous-jacentes.

La série à stromatolithes est représentée par des roches carbonato-terrigènes.

Elle est plus au moins continue selon la composition lithologique de la coupe dans toute la région d'extension.

1.2. c- Série volcano-terrigène :

Les formations attribuées à la série volcano-terrigène ont été distinguées pour la première fois en Ahaggar occidental par R. Caby (1970).

Les formations de la série volcano-terrigène sont largement répandues dans la région étudiée. Elles forment deux sillons relativement grands, orientés NW et NS à l'W et l'E des feuilles Ouallen et Tin Senasset.

La limite inférieure de la série a été fixée en quelques points de la région considérée. A l'Est des feuilles Ouallen et Tin Senasset, les laves et les clastolaves des trachyandésites et des porphyres liparitiques reposent en discordance sur les grès quartzeux de la série à stromatolithes. La limite supérieure de la série n'a été identifiée avec certitude qu'en deux points : Au NE de la feuille Egatalis, les porphyrites andésitiques sont recouvertes par des conglomérats de l'ensemble inférieur de la série du Tagengan't.

Lithologiquement et suivant la position dans la coupe, la série considérée est divisée en quatre formations : basalto-andésitique, dacito-liparitique, de greywackes et terrigènes.

Formation basalto-andésitique (PR2 tv1) :

L'épaisseur de la formation basalto-andésitique varie suivant les feuilles : Tin- Senasset (1500-4110m), Ouallen (1300-1500m) et Egatalis (2000-2500m).

Formation dacito-liparitique (PR2 tv2) :

La formation dacito-liparitique varie suivant les feuilles : Tin Senasset (1230m), Ouallen (400m) et Egatalis (700m)

Formation de Greywackes (Pr2 tv3) :

L'épaisseur de la formation à greywackes est de 4100 m sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset, de 2000-2500 m sur Egatalis et 800 m sur Bidon V.

Formation terrigène (PR2 tv4) :

L'âge Protérozoïque supérieur de la série volcano-terrigenne est fixé par sa position stratigraphique entre les dépôts de la série à stromatolithes et les roches de la série du Tagengan't. D'après R. Caby et J.M. Bertrand (1977) la mise en place des formations volcano-greywackeuses a eu lieu entre 800 et 650 Ma ce qui correspond au Protérozoïque supérieur.

1.2. d- Série du Tagengan't (PRZ tg) :

La différenciation lithologique, la gamme des couleurs caractéristiques des roches et la disponibilité de niveaux repères nets ont permis de subdiviser la série de Tagengan't en trois ensembles : rouge inférieur, vert moyen et bigarré supérieur.

1-3- Paléozoïque (C).

Les dépôts paléozoïques sont largement répandus au Nord et partiellement au Sud des feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les feuilles Egatalis et Bidon V ces dépôts ne se rencontrent qu'en bandes subméridiennes. Parmi les dépôts paléozoïques de la région étudiée, ont été distinguées les roches terrigènes et terrigéno-carbonatées qui sont attribuées aux formations cambriennes, ordoviciennes, siluriennes et dévoniennes.

1-3-1- Cambrien inférieur (Epr) :**Série pourprée:**

Les dépôts de la série pourprée sont attribués au Cambrien, mais son volume stratigraphique est fortement réduit (T. Monod, 1931, 1933 ; Caby et al, 1977). Une partie de la série est distinguée en tant que série autonome (voir la série sous-jacente du Tagengan't) et attribuée au Protérozoïque supérieur. Elle contient du matériel pyroclastique en association avec des passées de calcaires, de marnes, de siltstones siliceux, avec des corps subvolcaniques peu épais et des dykes de corps effusifs acides.

La limite inférieure de la série pourprée est assez nette car les dépôts de base sont transgressifs et nettement discordants (discordance angulaire) sur les formations sous-jacentes depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

Une croûte altérée de kaolinite peu marquée est observée au sommet de la coupe de la série pourprée sur le gradin des Tassili inférieurs.

La série pourprée est représentée par une épaisse formation de grès fins polymictiques rouge-brunâtres et brun-rouges contenant des passées des mêmes grès mais plus grossiers, des gravélites et des conglomérats. Le matériel détritique grossier des conglomérats est mal classé et composé de débris anguleux de différentes familles de roches.

1-3-2- Ordovicien (O) :

Les affleurements des roches ordoviciennes forment une bande sublatitudinale de relief en cuestas (palier des Tassili internes) dont les dimensions atteignent 10-20 km de long sur plusieurs km de large.

1.3.2. a- Ordovicien inférieur (O1) :**-Formation des Ajers (O *aj*) :**

Les affleurements coïncident avec l'escarpement des Tassili internes en formant une bande plus ou moins étroite (50-100 m) parfois s'élargissant.

Les roches de la formation reposent en transgression et en discordance angulaire sur les roches du substratum dont l'âge varie depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur. La formation des Ajers est composée de grès quartzeux grossiers, blanc-jaunâtre à stratification oblique et de conglomérats détritiques fins, de gravélites et de poudingues, dans la partie inférieure de la coupe.

1.3.2. b- Ordovicien inférieur et moyen (O1-2) :**-Formation d'InTahouite (O *it*):**

La formation d'In Tahouite est représentée par des grès fins, feldspatho-quartzifères, blanc grisâtres, à Tigillites, à texture finement parallèle, alternant vers le sommet de la coupe avec des grès blanc grisâtre quartzeux, moyens, en plaquettes (grès quartzitoïdes).

1.3.2. c-Ordovicien supérieur (O3)**-Formation de Tamadjert (O3 *tm*) :**

Les dépôts de la formation de Tamadjert sont représentés par des grès puissants, massifs, gris-jaunâtres, quartzeux, hétérométriques, parmi lesquels on voit prédominer les grès grossiers à très grossiers mal classés. Dans la partie inférieure de la coupe de cette formation sont observées des passées de gravier représenté par du quartz et par les grès sous-jacents

(siltstones). Ces derniers sont altérés et partiellement ou complètement lessivés. Le niveau de base est représenté par des blocs grossiers isolés (5-7 cm de diamètre) et des grès quartzeux blancs, fins à moyens, de la formation sous-jacente. L'épaisseur totale de la formation est de 180 m.

1-3-3- Silurien (S) :

-Formation de l'Imirhou (S *im*) :

La formation est composée d'argilites grises, gris-bleuâtre et gris-verdâtre, à stratification fine, massives, contenant dans la partie supérieure et moyenne de la coupe des passées de siltstones gris clair et gris verdâtre et de grès ou plus rarement, des passées fines de marnes et de calcaires argileux. Les argilites sont colorées souvent en rouge violacé par des hydroxydes de fer, surtout suivant les fissures et les contacts des passées sableuses. Les argilites livrent une faune riche en Graptolithes à prédominance de *Monograptus*.

1-3-4- Dévonien (D) :

1.3.4. a- Dévonien inférieur :

Il est subdivisé en trois étages :

1.3.4.a.1-Gédinnien :

Il est représenté par des dépôts de la formation de l'Assedjrad qui est subdivisée en deux membres :

a) Formation de l'Assedjrad :

- Membre inférieur (D1 *as1*) :

Il est composé de grès fins gris verdâtres, de grès argileux gris verdâtres à violacés et de siltstones (30 - 40 m). Le niveau inférieur des grès contient des Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites, et des terriers fréquents de

Limnivores. Au toit de ce niveau on observe des petits trous de Limnivores nommés également Tigillites (Biju-Duval et al, 1968). L'épaisseur du membre inférieur est de 24,5 m.

b) Formation de l'Assedjrad :

- *Membre supérieur (D1 as2) :*

Les dépôts du membre supérieur sont répandus au Nord du territoire sur les plateaux de l'Assedjrad, Tassedjefit et Tarit. La bande d'affleurements de ces roches large de 1 à 13 km est répandue le long du palier des Tassili externes. La limite inférieure du membre est concordante et sans traces de ravinement. Elle correspond au contact lithologique net entre les grès et les argilites et siltstones argileux contenant des restes mal conservés de Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites et poissons.

Le membre supérieur est représenté par une alternance fréquente des grès gris clairs et gris jaunâtres, fins, feldspatho-quartzeux, finement lités et des grès argileux gris violacés, des siltstones et des argilites gris violacés à stratification fine.

1.3.4.a.2- Siegénien :

Formation de l'Oued Samène (D1 sm) :

Les roches de la formation de l'Oued Samène sont représentées en général par des grès violets à gris clair, fins contenant des passées de grès argileux, de siltstones et de grès grossiers à galets de siltstones. Les parties inférieures plus fines des niveaux sableux sont le plus souvent ferrugineuses et colorées en rouge brunâtre. Les fossiles sont peu nombreux et ce n'est qu'en partie inférieure (10 m) qu'on signale les spirophytons. D'après les cartes géologiques (SONATRACH, 1972) les roches de la formation de l'Oued Samène sont attribuées au Siegénien (Dévonien inférieur). L'épaisseur totale du membre est de 67 m.

1.3.4.a.3- Emsien (D1 em)

Les dépôts emsiens sont représentés par des grès quartzeux, fins, blancs jaunâtres, roses et gris-violetes contenant des passées (5-10m) de grès argileux, de siltstones ou de grès grossiers. On observe 3-4 niveaux de grès contenant des graviers et des petits galets de siltstones.

1.3.4 .b- Dévonien moyen (D2)

Le Dévonien moyen est subdivisé en deux étages (Eifelien et Givétien) :

1.3.4.b.1- Eifelien (D2 ef) :

Les dépôts eifeliens sont répandus dans la partie centrale du synclinal de l'Assedjrad (40 km²) et dans la région de l'Erg Tassedjefit (1800 km²). stratification très fine, à passées de calcaires argileux gris-bleuâtres, fins à moyens. Dans les argilites, on a rencontré des passées peu épaisses (jusqu'à 5 cm) d'argiles blanches (Kaolinite?) et des galets aplatis arrondis et de petits blocs (de 0,2 à 1,0 m de diamètre) de siltstones gris foncé, grossiers, carbonatés (ou de calcaires silteux). L'abondance des Brachiopodes *Paraspirifer cultrijugatus* dans les roches de l'Eifelien servait de base à la détermination de son âge (Aliev et al, 1971). L'épaisseur de l'étage est de 40 m.

1.3.4.b.2- Givétien (D2 gv) :

Les dépôts du Givétien sont limités et forment une bande étroite d'affleurements large de quelques centaines de mètres. Dans la région du synclinal de l'Assedjrad (feuille Ouallen) les dépôts du Givétien sont représentés par des niveaux alternant de calcaires dolomitiques fins à grossiers gris à bleuâtres à stratification fine, des grès argileux fins à moyens gris verdâtres et des siltstones grossiers gris. En outre, on y signale de rares passées d'argilites bariolées, bleu à cerise. Dans la coupe prédominent les calcaires contenant de petits brachiopodes. L'épaisseur totale des roches du Givétien est de 50 m environ.

1.3.4. c- Dévonien Supérieur (D3) :

Le Dévonien supérieur est divisé en deux étages : Frasnien et Famennien

(Aliev et al. 1971).

1.3.4.c.1- Frasnien (D3 *fr*)

Les dépôts de cet étage sont composés d'argilites rouge-cerise à gris-bleuâtre à stratification très fine contenant de minces lits de siltstones argileux, parmi lesquels on rencontre des passées peu épaisses de calcaires argileux brun foncé à gris foncé. La limite inférieure de l'étage a été marquée d'après l'apparition des brachiopodes *Cyrtospirifer verneuili*. Malheureusement, les fossiles n'ont pas été déterminés dans le présent rapport.

1.3.4.c.2- Famennien (D3 *fm*) :

Les roches du Famennien sont représentées par des argilites bariolées et gris foncé à stratification très fine alternant avec de minces lits de siltstones grossiers et de grès fins.

1-4- Mésozoïque

Dans la région étudiée le Mésozoïque est représenté par des dépôts du Crétacé Supérieur.

1.4.1- Crétacé Supérieur (K2) :

Les dépôts du Crétacé supérieur ont une extension limitée. On distingue, dans ces dépôts, deux ensembles : un ensemble terrigène inférieur et un ensemble carbonaté supérieur.

1.4.1. a- Ensemble terrigène inférieur (K2-1)

Les dépôts de l'ensemble terrigène inférieur reposent en discordance angulaire et stratigraphique sur les grès du Protérozoïque supérieur de la série de l'Ahnet.

Cet ensemble est représenté par des grès feldspatho-quartzifères et quartzeux à passées de grès calcaires gréseux, de gravélites et de conglomérats à débris fins. La partie inférieure de la coupe de cet ensemble est composée de conglomérats finement détritiques à petits galets et graviers de roches sous-jacentes (grès et quartzites) à passées de grès calcaires à grain moyens et de calcaires gréseux brun-mauves. La partie supérieure de la coupe est représentée par des grès feldspathoquartzifères et quartzeux, blanc jaunâtre, blanc ocré et brun, à grains fins à moyens, grossièrement et finement lités parfois à stratification oblique. Les grès quartzeux sur la feuille Egatalis sont plus compacts et par endroits ils sont affectés de mouvements tectoniques plus tardifs marqués par des structures cataclastiques.

1.4.1.b- Ensemble carbonaté supérieur (K 2-2) :

Lithologiquement, l'ensemble est représenté généralement par des calcaires cryptocristallins fins avec un nombre subordonné de calcaires argileux et de marnes à passées de silex et de gypse. L'ensemble a une structure cyclique. La coupe de l'ensemble comporte 4-5 cycles épais de 5 à 30 m. L'épaisseur des dépôts de l'ensemble carbonaté supérieur est de 60m environ. Les dépôts décrits sont attribués au Crétacé supérieur d'après les données d'études précédentes (Lelubre, 1961).

1-5- Quaternaire (Q) :

Les dépôts du Quaternaire sont couvrent de façon continue la partie marginale de la dépression de Tanezrouft. Les dépôts quaternaires de la dépression de Tanezrouft sont mal étudiés c'est pourquoi ni l'âge ni la genèse de ces dépôts ne peuvent être déterminés en détail. Les dépôts quaternaires du territoire étudié sont divisés en dépôts quaternaires récents-actuels et en actuels.

1.5.1- Quaternaire-Actuel - Dépôts fluvio-torrentiels des oueds -(Q-IV) :

Les formations de cet âge sont génétiquement hétérogènes et représentées par des dépôts de la première terrasse de grands oueds et des cônes de déjection et d'épandage diluvio-torrentiel. Les reliques de la première Terrasse alluviale, ont été caractérisées, de bas en haut:

- Poudingues à galets variés et à gros blocs de quartzites faiblement cimentés.
- Limon clair brun jaunâtre, terre noire fossilisée, limons analogues à la couche précédente, galets et gros blocs.

1.5.2-Quaternaire-actuel - Dépôts indifférenciés de pentes et torrents-(QIV) !

Les dépôts actuels sont représentés par les types génétiques suivants:

- Alluvions
- Dépôts torrentiels
- Dépôts lacustres
- Dépôts éoliens

2- MAGMATISME

Les formations intrusives sont largement répandues dans ces régions, on y distingue :

- a) Les intrusions du Protérozoïque inférieur et celles du Protérozoïque supérieur ;
- b) La série de dykes du Paléozoïque.

2-1- Les intrusions du Protérozoïque inférieur :

Les intrusions du Protérozoïque inférieur comprennent :

- Des Petits Corps
- Des Dykes D'ultramafites Complètement serpentinisées,
- Des Gabbroïdes Métamorphisés, Ainsi que Le Complexe De granitoïdes ultramétamorphiques de Tassendjanet.

2-1-1- Les ultramafites : se rencontrent localement parmi les roches métamorphiques de la série d'Egatalis et parmi les granitoïdes ultramétamorphiques du complexe Tassendjanet au sud-est, sud-sud-est et Nord-Ouest des feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis ,comprend des dykes de 100-200m x 10-50 m à 3,2 x 0,5-1,5 Km qui sont associés aux zones de dislocation disjonctive et de fissuration élevée.

Les roches ultramafiques du Protérozoïque inférieur sont représentées par des serpentinitesapopéridotitiques, plus rarement, apodunitiques et apopyroxénitiques. Dans les zones de failles ou à proximité immédiate de ces dernières, les serpentinites sont parfois transformées en métasomatites qui se manifestent par des veinules fines (10- 20 cm) orientées suivant la direction des failles.

Les veinules ont une composition proche des hornblendites. Localement, les serpentinites montrent une minéralisation pauvre en amphibole.

2-1-2- Les gabbroïdes (γ PR1) Ils forment une série de petits corps lenticulaires étirés et rapprochés, en bancs et en dykes, qui intercalent les roches métamorphiques de la série d'Egatalis. Ce sont des roches particulières, essentiellement à hornblende et plagioclase, gris clair, gris à gris foncé, à teinte bleuâtre, finement et grossièrement grenues. Elles montrent une structure gneissique nettement prononcée et une texture à rubans fins et grossiers, parfois tachetée.

Le complexe du Tassendjanet renferme des granites gneissiques, des plagiogranites et des diorites. Dans la région d'étude, les granitoïdes ultramétamorphiques forment un seul étage, avec des formations gneisso-amphibolitiques de la série d'Egatalis.

Deux groupes de granitoïdes ultramétamorphiques se distinguent selon leur composition:

- ceux de la famille des diorites-granodiorites-granites et
- ceux de la famille des plagiogranites-granites où chaque groupe forme ces massifs.

Les granitoïdes forment des grands massifs autochtones étirés et en dômes, ce sont, en grande partie, des migmatites-plutons situés dans les noyaux de structures anticlinales de l'encaissant. Les granodiorites, les plagiogranites forment une série de massifs de différentes formes et dimensions sur les feuilles Tin Senasset et Bidon V.

Le plus important massif se nomme Taoudrart. Il a une forme ovale, sa longueur est de 18 Km environ, sa largeur est de près de 13 Km dans la partie Nord, de 9 Km dans la partie centrale et de 6 Km dans la partie Sud. Sa superficie est de plus de 160 Km². Sa partie Nord, est surmontée par les grès quartzites de la série de l'Ahnnet.

Dans la partie Ouest de ce massif, il est en contact normal avec des gneiss de la série d'Egatalis. Au Nord-Est, il est encore en contact avec ces gneiss, alors qu'au Nord-Ouest le contact de ce massif avec des volcanites de la série volcano-terrigène est dissimulé par les formations du Quaternaire.

Vers le Sud, le massif est en dehors de la région à étudier. D'après sa composition, le massif est hétérogène, ce qui est dû partout aux processus de granitisation. A l'Ouest, le massif est constitué essentiellement de diorites grises à grain moyen à grossier.

La partie Est du massif est formée par des plagiogranites et granodiorites grises claires à grains moyens. Les contacts du massif avec les gneiss encaissants sont assez nets. En règle générale, la linéation gneissique et parfois, le rubanement, sont le plus nettement prononcés dans les parties périphériques du massif.

Les roches du massif sont partout granitisées d'une manière variable. La granitisation se manifeste par la présence de migmatites à taches sombres.

Les roches ont subi une forte diaphorèse donnant naissance à l'association de minéraux de basse température (séricite, saussurite, chlorite etc.), résultats de métamorphisme progressif.

La diaphorèse y est fortement manifestée. Sur la feuille Bidon V, en bordure ouest de l'Adrar Tin Zebbane El Beïda,

Les roches analogues constituent deux massifs qui diffèrent l'un de l'autre par la forme et la dimension :

Le massif Ouest à 14 km de longueur, 3 km de largeur dans la partie sud et de 0,5 à 1,5 km dans la partie Nord. Il a une forme lenticulaire étirée de direction NNE avec des contacts normaux avec les gneiss de la série d'Egatalis. Sa partie nord est recoupée par des granites du Protérozoïque supérieur.

2-2- Intrusions du Protérozoïque supérieur

Ces termes sont largement développés dans les limites du territoire étudié, surtout sur les feuilles Tin Senasset et Egatalis. On les range dans deux complexes autonomes, Ouallen et Tin Senasset, dans lesquels on distingue 3 à 5 phases de mise en place.

2-2-1- Complexe Ouallen (à gabbro-tonalite-syénite)

2.2.1. a- Phase I (γ PR2 ou) : représentée par les gabbros et les gabbro-diorites. Ce sont des roches à amphibole de type kaersutite. Les gabbroïdes constituent la série de filons-couches raides (50 à 500m d'épaisseur apparente) encaissés dans les gneiss environnants. Les contacts des gabbros avec les gneiss sont intrusifs avec des cornéennes de contact.

2.2.1.b- Phase II (δ 2 PR2 ou) représentée par les tonalites et les diorites quartzifères qui forment la partie centrale (noyau) du massif

auxquelles sont graduellement liées les syénodiorites quartzifères, les syénites quartzifères, les monzodiorites et les monzonites quartzifères qui se localisent essentiellement sur sa périphérie en constituant un ruban arqué large de 400-500 m à 2Km.

Phase (§1 PR2 ou) représentée par les syénites et les syénites alcalines qui forment un massif autonome au SW de la feuille Ouallen et un gros corps en dykes au Nord de l'Adrar In-Semmen (NE de la feuille Ouallen).

Dans le massif Atoram (ou Atarem), les roches de la phase constituent les grands dykes. Situé parmi les roches métamorphiques de la série Egatalis et les granites ultramétamorphiques du massif Adanat (complexe Tassendjanet).

II-2-2- Complexe Tin Senasset

Ces formations sont largement répandues et représentent une association de roches variées, depuis les gabbros jusqu'aux granites. Elles forment des massifs plus ou moins petits de type hypabyssal qui, dans la plupart des cas, sont spatialement associés à des sillons avec le développement intense du volcanisme ou situés à proximité immédiate de celui-ci, ce qui témoigne de l'association de tous les deux à des zones tectonisées de faibles failles. Le complexe est subdivisé en 5 phases intrusives :

2.2.2.a- Phase I (§1 PR2 ts) :

Caractérisée par la mise en place des gabbros, gabbros-diorites et diorites sous forme de petits massifs observés partout, mais surtout répandus sur les feuilles Egatalis et Tin Senasset.

Au SW de la structure, certains de ces massifs sont affectés par des accidents cassants dérivés orientés NE et NW, à l'exception des sills et des dykes de gabbrosdiabases au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen, offrant une orientation sublatitudinale, concordante avec la structure des roches encaissantes de la série à stromatolithes.

A l'Est de la feuille Egatalis, la plupart des massifs de gabbros et de diorites sont localisés le long d'une bande de roches volcaniques et sont affectés par des failles NE.

Au NE de la feuille Bidon V, on observe deux petits massifs de gabbros et une série de corps étendus en forme de dykes affectés par des failles régionales d'orientation subméridienne et NW.

Les massifs de gabbros et de diorites sont surmontés par les volcanites de la formation dacito-liparitique dans la région de l'Adrar Taoudrart et recouverts en discordance par des dépôts de la formation de greywackes.

Au sud de la feuille Egatalis, la partie centrale du massif est constituée de pyroxéniteserpentinisées et les parties marginales, de gabbros. Dans certains massifs situés au NE de la même feuille, les mêmes pyroxénites, souvent intensément serpentinisées, forment parmi les gabbros des ségrégations irrégulières.

Le style tectonique de la région se caractérise par une complexité structurale induite par le champ de failles de sens varié qui avait conditionné un large développement des structures cataclastiques et blastomylonitiques.

2.2.2.b- Phase II (γ_2 PR2 ts) a cette phase sont attribuées les granodiorites, plagiogranites et granites (adamellites) qui sont surtout largement répandues au NE et SW des feuilles Egatalis et Tin Senasset.

Elles forment des massifs irréguliers plus rarement isométriques (de 30 à 70km²). En outre, elles constituent un corps en lanière au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen qui est associé à la zone des failles régionales d'orientation NW et suivi avec interruption sur 35-40km, sa largeur étant de 0,5-0,7 km.

Les massifs de granodiorites, plagiogranites et granites se trouvent généralement parmi les formations de la série à stromatolithes et celle volcano-terrigène et ont des contacts intrusifs.

Les plagiogranites grossiers à moyens, parfois intensément cataclasés, sont composés d'oligoclase (35-50%), quartz (25-30%), microcline-perthite (5%), biotite (15%) et hornblende (10%). Les minéraux néoformés sont représentés par la chlorite, épidote, séricite, leucoxène et albite. Les minéraux accessoires sont : apatite, sphène, magnétite (parfois jusqu'à 5%).

43 Les granites moyens à biotite, rarement à amphibole-biotite, sont constitués de plagioclase albite - oligoclase (30 - 45%), de feldspath potassique-(30-35%), de quartz-(25-30%), biotite-(5-10%), plus rarement hornblende (3-5%). Les minéraux accessoires sont: apatite, sphène, zircon, magnétite.

La série filonienne des massifs est représentée par des dykes de plagiogranites et de granitoporphyles qui se trouvent en abondance dans les massifs de gabbros à l'Est de la feuille Egatalis. L'orientation dominante des corps de dykes est NW. L'épaisseur de ceux-ci est de 1 à 3 m. L'extension est de quelques dizaines de mètres.

2.2.2.c- Phase (γ_3 PR2 ts) :

Constitue 20 massifs petits et moyens. Ils sont répartis dans la région d'une manière irrégulière. Parmi ces 20 massifs granitiques, (13) sont situés sur la feuille Tin- Senasset, (03) sur la feuille Bidon V, (02) sur la feuille Egatalis et (02) sur la feuille Ouallen. Dans les limites de la feuille Tin Senasset, la plupart des massifs sont associés à des sillons (remplis de dépôts volcaniques) ou sont peu distants de ceux-ci. Les granites de la troisième et quatrième phase sont pauvres en minéraux accessoires.

Dans les granites de la troisième phase l'apatite est présente en quantité minimale et dans les granites à alaskite elle est pratiquement absente.

Dans les limites de la feuille Egatalis on a cartographié deux massifs de granites dans la partie centrale et sud et une série de petits corps en amas. En outre, d'après les données géophysiques on a distingué dans la

partie occidentale (recouverts par les dépôts) 9 massifs de granites variés d'après leur forme et dimension. Ils seraient attribués à la troisième phase.

Le massif le plus grand ($\approx 100\text{km}^2$) est situé dans la partie sud de la feuille, plus au Nord de l'Ouest In Zize. Il est associé à la jonction de failles de direction NW et NE et offre une forme ovale légèrement étirée.

Le massif est composé de granites porphyroïdes moyens à grossiers.

Trois massifs granitiques (Nord, central et sud) ont été cartographiés sur le territoire de la feuille Bidon V. Selon les données géophysiques on a distingué dans la partie occidentale de la feuille, une série de petits et moyens massifs dont la composition correspondrait à des granites de la phase considérée.

2.2.2.d- Phase IV (γ_4 PR2 ts) :

Représentées par un massif moyen situé sur le territoire de la feuille Egatalis et deux petits massifs, à l'W et au centre des feuilles Ouallen et Tin Senasset respectivement.

Le massif de granites leucocrates à alaskite situé au NE de la feuille Egatalis est le plus connu puisqu'il est lié à une minéralisation à étain-wolfram, polymétaux et fluorine. La superficie du massif est de près de 100km^2 . Il montre une forme parallélépipédique irrégulière étirée vers le NW. Les contacts du massif avec les roches encaissantes sont dans la plupart des cas tectoniques et ce n'est qu'en partie NW qu'on observe un contact intrusif. Aux épontes des flancs, les granites contiennent de nombreux xénolites de roches encaissantes altérées.

Le massif est composé en général de granites moyens, les granites à biotite fins étant son faciès marginal. Ces roches se caractérisent par la prédominance du feldspath potassique

Dans son ensemble le massif est nettement contrôlé par les failles NW. Sa superficie ne dépasse pas 20km^2 .

Le massif est constitué de granites moyens leucocrates à alaskite. Les granites injectent à l'W le gabbro de la première phase et à l'E, sont surmontés par les dépôts de l'Ordovicien inférieur.

Le minéral noir est représenté par la biotite dont la teneur ne dépasse pas 3-5%. Dans son ensemble, le massif est également subordonné à la faille NW.

Les granites de la troisième et quatrième phase, dans la plupart des cas se manifestent assez bien dans les champs géophysiques, tandis que certains massifs qui ne sont que partiellement recouverts par une couverture peu épaisse de dépôts meubles du Quaternaire, sont mal prononcés sur les cartes aéroradiométriques. Dans l'ensemble, les granites se caractérisent par un champ magnétique faiblement mosaïqué à amplitude de 30-50 gammas et de fortes valeurs de la radioactivité dépassant 500-550 cps. D'après la teneur en microéléments, ils diffèrent des granitoïdes anciens seulement par des valeurs élevées en étain. La série filonienne des granites considérés est très largement répandue et représentée par des granites hétérogènes, plus souvent fins, des granites porphyres, des granosyérites, des granophyres, des rhyoporphyles, des pegmatites etc.

2.2.2.e- Phase V (γ_5 PR2 ts) :

Où sont attribués de petits massifs en amas et en forme étirée dont la superficie varie de quelques mètres à 1-4 km². Ils sont répandus sporadiquement sur le territoire des feuilles Tin Senasset (partie centrale), Egatalis (partie NE) et Ouallen (partie SW). Les massifs sont composés de granophyres fins plus rarement moyens. Le plus grand massif (4 km²) est marqué dans la bordure SW de la feuille Ouallen. Il est associé à la faille NW.

3- MINERAUX UTILES :

Sur le territoire de la région étudiée, il a été mis en évidence de nombreux indices et points de minéralisation de cuivre et d'or, un indice important de minéralisation étain wolfram polymétallique et un certain nombre d'anomalies géochimiques de cuivre, zinc, plomb, étain, wolfram, or, argent, scandium, métaux rares (béryllium, niobium, lithium, zirconium) et terres rares (yttrium, ytterbium, lanthane, cérium et germanium).

3-1- Minéraux utiles métalliques

.1.1- Cuivre

La genèse du cuivre de ces régions est d'origine sédimentaire et hydrothermale sédimentaire. Les études géochimiques ont montré que les terres rouges contiennent de 4 à 15g/t de cuivre, parfois jusqu'à 50g/t. Dans les niveaux inférieurs de teinte verte, la teneur s'élève jusqu'à 50g/t et plus, ensuite, elle retombe jusqu'à 15g/t. Les teneurs élevées sont enregistrées dans la zone de changement des couleurs des grès gris et bruns. La teneur moyenne en cuivre dans les sédiments grés-schisteux est égale à 23g/t, c'est-à-dire 20 fois plus élevée que les teneurs moyennes dans les grès, mais deux fois plus faibles que celles dans les schistes (Beans, 1975). Les résultats d'analyses ont montré que les auréoles géochimiques de dispersion du cuivre sont étendues vers le NW (330°-340°) et leur orientation coïncide avec le plan structural général de la zone.

.1.2-Or

L'or est classé en deuxième position après le cuivre parmi les minéraux utiles. Tous les indices (7 indices), les points de minéralisation (9 points) et les anomalies géochimiques (27 anomalies) peuvent être réunis dans deux groupes génétiques :

a) Groupe renfermant les conglomérats de base de l'Ordovicien inférieur qui se situent principalement sur la feuille Tin Senasset, formant 3 groupes : groupe Ouest (Adrar d'Edikel), groupe Central (Oued d'In Asakakh); groupe

Est (zone de Foum El Agbet) et un seul point de minéralisation se situe sur la feuille Ouallen (Nord de l'Adrar d'In-Semmen).

La teneur en Or dans les conglomérats est assez irrégulière et varie dans de larges limites : De 0,1 à 3-5g/t d'après l'analyse auro-spectrométrique; De 0,1-0,9 g/t à 1,4-10g/t d'après l'analyse docimastique (dans les échantillons prélevés au marteau et par saignée) De 1-15 à 40-70 points d'or d'après l'analyse minéralogique. Au total, 6 points minéralisés et 19 anomalies géochimiques en or ont été décelés. Une grande quantité de points minéralisés et d'anomalies géochimiques se concentre sur la bordure Nord et ouest du massif gabbro-tonalitique d'Ataram (sud-est de la feuille Ouallen). C'est là que se trouve le champ quartzeux le plus important d'allure filonienne. L'épaisseur des filons varie de 2-3m jusqu'à 6-7m pour une longueur de 100m. Les filons sont formés de quartz leucocrate gris, de structure cryptocristalline et d'aspect fissuré, parfois coloré en teinte rosé marron due à la ferruginisation.

Les analyses aurospectrométriques ont décelé 0,02 à 0,2g/t d'or. Au Sud-Ouest de la feuille Tin Senasset, une anomalie géochimique est notée au voisinage du périmètre à potentialité cuprifère se trouvant dans la zone d'accident NW. Encaissés dans les porphyrites andésitiques fluidales, les filons quartzeux ont donné des teneurs égales à 3 - 8g/t.

.1.3- Argent :

Des teneurs élevées en Ag se relèvent constamment dans les indices minéralisés, points de minéralisation et anomalies géochimiques en cuivre de type de grès cuivreux et de type hydrothermal dans les 51 feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis, dans les filons quartzeux et les roches affectées de transformations métasomatiques associés au cuivre, à l'or et à d'autres éléments dans les feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis. La teneur en Ag, dans les roches ayant subi une altération hydrothermale, est de l'ordre de 100g/t à l'Est de la feuille Egatalis. L'ensemble carbonaté du Crétacé supérieur renferme une anomalie géochimique qui a donné des teneurs de 1,5 – 3,0g/t en Ag au NE de la feuille Bidon V.

.1.4- Etain et Wolfram :

Les plus fortes teneurs en étain-wolfram sont liées aux granites de la quatrième phase du complexe Tin Senasset sur le territoire de la feuille Egatalis. Située à la marge NE de la feuille Egatalis, la partie marginale d'une vaste dépression intracratonique formée par les dépôts volcanosédimentaires du Protérozoïque supérieur renferme les plus importantes teneurs en Sn-W.

.1.5- Nickel et Cobalt :

Seule une anomalie en Ni et Co a été reconnue au SW de la feuille Tin Senasset, associée au massif de diorites, gabbrodiorites de la phase I du complexe Tin Senasset. Les concentrations élevées en Ni (0,08%) et en Co (0,01%) ont été constatées dans les roches fines carbonato-siliceuses tachetées à pauvre dissémination en sulfures. Les concentrations maximales en Ni (0,3%) sont décelées dans les gabbros quartzifiés où le nickel s'associe avec le cuivre et or au niveau des points de minéralisation du SE de la feuille Ouallen.

.1.6- Plomb et Zinc :

Les points de minéralisation et les anomalies géochimiques de Pb et Zn sont généralement liés aux filons de quartz minéralisés ou aux filonnets de quartz et de quartz-carbonate encaissés dans les formations métamorphiques, volcanogènes et intrusives du Protérozoïque inférieur à supérieur. Des concentrations élevées en Pb ont été notées dans les gravélites de base de l'Ordovicien (anomalie géochimique sur la feuille Tin Senasset). Le Zinc se rencontre en teneur élevée dans les grès cuprifères (indice de la feuille Ouallen), les volcanites propylitisées (point de minéralisation de la feuille Egatalis) et les marnes gypsifères, les calcaires, les grès du Crétacé supérieur (anomalie géochimique de la feuille Bidon V). Les teneurs des points de minéralisation et des anomalies géochimiques en Pb et Zn varient largement, respectivement de 0,02-0,15% à 0,6% et de 0,08-0,15% à 0,6-1,0%. D'une manière générale, les dimensions des corps

minéralisés ne sont pas grandes, c'est pourquoi ils ne présentent pas une valeur par eux-mêmes.

1.7- Bismuth :

Quatre anomalies géochimiques ont été décelées dans la zone d'étude; deux sont liées aux filons de quartz et aux veinules recoupant les enderbites de l'Archéen (Feuille TinSenasset) et les gneiss du Protérozoïque inférieur (Feuille Bidon V). La teneur en bismuth est de 0,0015 à 0,005%. Les teneurs y atteignent 0,02% pour le Bi ; 0,004% pour le Mo et 0,04% pour le Cu. 1.8-

1.8.Molybdène :

Les anomalies géochimiques ponctuelles en Mo se localisent dans les formations suivantes:

- Les schistes siliceux à séricite-quartz et les roches argilitisées cuprifères des séries Tagengan't et volcano-terrigène.
- Les filons de quartz et les veinules où la minéralisation en Mo s'associe à la minéralisation en étain-tungstène-polymétaux (point de minéralisation sur la feuille Egatalis) Les sédiments, généralement d'âge Silurien. Les anomalies géochimiques en Mo sont identifiées sur la feuille Ouallen où elles, sont liées aux roches sédimentaires du Paléozoïque inférieur.

.1.9- Niobium :

On connaît dans la région étudiée des anomalies géochimiques en Nb parfois assez bien marquées à 0,1-0,2% de métal. Malheureusement, toutes ces anomalies ne sont mises en évidence qu'à partir des données spectrographiques et ne sont pas confirmées par des analyses plus précises (chimiques et minéralogiques). Les guides géologiques de la localisation des anomalies en Nb par ordre de priorité sont:

- Le champ d'extension des granites de la phase IV du complexe Tin Senasset.
- Les secteurs à granitoïdes altérés du complexe Tassendjanet.

- Le massif de syénites de la phase du complexe Ouallen.
- Les champs d'extension des porphyres liparitiques et trachyliparitiques de la série volcano-terrigène.

.1.10- Béryllium :

Les teneurs les plus hautes en Be (à 0,232%) sont constatées dans les filons et les filonnets de quartz-hématite. En outre, les anomalies géochimiques ponctuelles en Be sont liées aux : • Syénites alcalines du complexe Ouallen, SW de la feuille Ouallen (0,001% Be); • Granosyénites (feuille Egatalis : 0,005% Be) et dykes et porphyres liparitiques (feuille Ouallen) du complexe Tin Senasset ; • Laves de porphyres liparitiques, de la formation dacitoliparitique, de la série volcano-terrigène (feuille Egatalis : 0,003 à 0,01% Be); • Filons de quartz (feuille Egatalis : 0,02% Be).

.1.11- Lithium :

On connaît deux anomalies géochimiques en Lithium dans la région étudiée. L'une au SW de la feuille Tin Senasset associée aux granites 55 modérément acides de la phase II du complexe Tin Senasset (0,05% Li), l'autre, au SE de la feuille Ouallen, liée aux granites porphyroblastiques à feldspaths potassiques et biotite cataclasée du massif Tassendjanet avec enclaves de gneiss à biotite et filonnets de pegmatite : (0,02 à 0,04% Li).

.1.12- Zirconium et Scandium :

Les anomalies géochimiques en zirconium sont rencontrées dans différents contextes géologiques dont l'ordre d'importance décroissante se résume par la série de roches suivantes : • Porphyres trachyliparitiques (?) et dacitiques de la série volcano-terrigène et leurs analogues subvolcaniques (5 anomalies); • Formations sédimentaires de l'Ordovicien inférieur (5 anomalies); • Granites du complexe Tin Senasset (4 anomalies); • Granitoïdes du complexe Tassendjanet (3 anomalies). Il convient de noter que le scandium des anomalies géochimiques (7 cas sur 9) s'associe

couramment au zirconium et que les teneurs des anomalies en Sc (0,005 à 0,08%) sont liées aux différents types des roches.

.1.13- Les terres rares : (Lantane, Cérium, Yttrium, Ytterbium)

Dans la région étudiée, les anomalies en Tr ne sont pas nombreuses. Elles s'associent à différentes formations géologiques. Le plus souvent les anomalies sont liées aux anomalies composées en Or, Etain, Niobium, Zirconium des niveaux de base de la formation des Ajjer de l'Ordovicien inférieur (feuilles Ouallen et Tin Senasset) ou aux anomalies en niobium et en zirconium des porphyres trachylyparitiques de la série volcano-terrigène.

3-2- Substances utiles non métalliques

3.2.1-Fluorine :

L'indice de fluorine, délimité dans la partie Nord-Est de la feuille Egatalis, est génétiquement lié aux granites alaskitiques leucocrates de la phase IV du complexe Tin Senasset. La minéralisation en fluorine dans le massif est associée aux zones d'accidents cassants d'orientation Nord-Ouest et rarement Nord-Est; en d'autres termes, la minéralisation est contrôlée par des facteurs magmatiques et structuro-tectoniques.

3.2.2- Pierres techniques et décoratives (agates) :

Les pierres techniques et décoratives, agates, opales, sardoines sont génétiquement liées aux coulées andésito-basaltiques grossièrement poreuses en provenance des laves fortement saturées en gaz, ce qui en résulte une abondance de cavités ovales.

3.2.3- La dolomie :

L'indice de dolomie (feuille Ouallen) est lié à l'affleurement du terme carbonaté dans les grès et gravélites de la série à stromatolithes. Ce niveau de dolomies de 30-60m de puissance est suivi avec quelques interruptions sur 1,5km.

CONCLUSION :

Notre région d'étude (nord d'In Ouzzal) est composée essentiellement de six feuilles (In aghabir, Tibhaouine, In Hihaou, Takhmalt, Kef Egatalis, Bidon V).

De point de vue stratigraphique la partie ouest d'In Ouzzal est composée de formations suivantes :

- Archeen.
- Protérozoïque Inférieur (Suggarien).
- -Protérozoïque Moyen.
- -Protérozoïque Supérieur(Pharisien).

CHAPITRE II

GEOLOGIE DU HOGGAR

Introduction :

La région d'étude est représentée par six feuilles 1/200.000 qui sont In Aghabir, Tibéhaouine, Kef Egatalis, Bidon V, Takhmalt, In Hihou, issue d'un découpage carré.

Pour sa description géologique la région d'étude a été subdivisée en trois parties (Fig.01).

La synthèse géologique de l'ensemble de six feuilles a été réalisée à partir des rapports de recherche systématique réalisés par ORGM dans les années 1980-1990

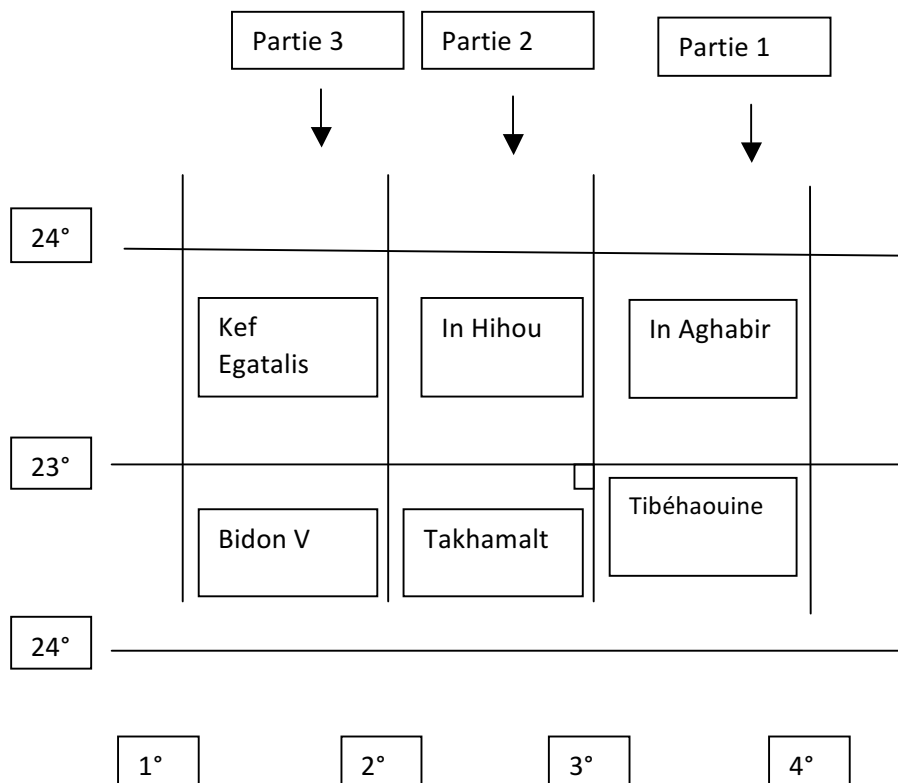


Fig..01 : Présentation des trois parties de la région d'étude

(In Ouzal Nord)

A-Partie 1 : In-Aghabir -Tibéhaouine**1-Stratigraphie****-INTRODUCTION :**

Aux limites des feuilles In-Aghabir et Tibéhaouine, les formations sont datées subdivisées de la manière suivante : Archéennes (complexe In-OuzzalArin), Protérozoïque inférieur (série Tekouiiat PR1-2t), Protérozoïque supérieur (série volcano-sédimentaire PR 3vs, terrigène PR 3tr, volcangène PR 3vl), Paléozoïque-Cambrien inférieur (série pourprée Epr), Cénozoïque (dépôts actuels) et Quaternaire.

1.1- Archéen complexe In-Ouzzal (ARin) :

C'est un complexe de roches à hypersthène (Tanezrouft Oriental) appartenant aux formations suggariennes, mis en évidence en 1949 par M.Lelubre.

Le périmètre des feuilles In-Aghabir et Tibéhaouine englobe un bloc tectonique important. Les roches du complexe susmentionné sont répandues dans la partie Nord-ouest, elles sont délimitées par un fragment de la faille régionale d'In-Ouzzal.Ce complexe représente principalement des granitoïdes de composition charnokites-enderbites qui sont formés dans des conditions de métamorphisme de faciès granulitique et amphibolitique. Sur le territoire de la feuille In-Aghabir, un type particulier de structures circulaires recoupées par des failles de direction Nord-est a été établi. La morphologie de ces structures est soulignée par de longues chaines de quartzites (y compris les quartzites ferrugineuses).

1.2-Protérozoïque:**1.2.a. Protérozoïque inférieur- moyen (PR 1-2)****-Série Tekouiiat (PR 1-2t)**

La série Tekouiiat a été mise en évidence par M. Gravelle (1969) pour nommer les assises de gneiss, quartzites, marbres et amphibolites constituant la zone subméridienne. Cette zone est allongée plus à l'Est à partir du dôme In-ouzzal entre le bord sud de l'oued Tekouiiat et la frontière Malienne.

Les formations de la série Tekouiiat sont pratiquement répandues dans tous les blocs tectoniques qui se manifestent vers l'Est à partir de la feuille In-Ouzzal oriental (an.nl, 2). Les éléments structuraux de la série Tekouiiat ont une extension sécante, La série est divisée en deux assises :

-L'assise inférieure (PR1-2 t1) : elle prédomine dans le volume total de la série. Elle est principalement constituée de gneiss à biotite, à amphibole-biotite et de granito-gneiss renfermant de nombreux corps d'anatectites à composition granitique. En outre, on y note également des interlits, peu puissants, (0.5-1 m) de quartzites et amphibolites.

-L'assise supérieure (PR1-2 t2) : sa limite inférieure est signalée par une suite de couches rapprochées d'amphibolites et de gabbros – amphibolites. Les corps lités de marbres sont associés à cette suite de couches. La coupe de l'assise supérieure est achevée par un faisceau de quartz qui renferme localement des niveaux de roches à volcanisme bimodal synsédimentaire des rhyodacites. Outre cela, des corps lenticulaires de porphyritoïdes basiques au sein des quartzites ont été notés. En somme, la triade de roches suivantes : amphibolite- marbre- quartzite est typique pour l'assise supérieure. L'épaisseur des parties intégrantes de cette triade est assez variable dans le volume de l'assise.

1.2.b. Protérozoïque supérieur PR 3

Le Protérozoïque supérieur comprend les séries suivantes : volcano-sédimentaire (PR 3 vs), terrigène (PR 3 tr) et volcanogène (PR 3 vl).

- Série volcano-sédimentaire PR^1_3 vs :

Elle est composée par les types de faciès suivants: Volcano-carbonate (PR^1_3 vs^c), volcano-grés-schisteux (PR^1_3 vs^{gr}) et volcano-terrigen (PR¹₃vs^t).

- Série Terrigène (PR^2_3 tr) :

Les formations de la série terrigène sont répandues aux limites de la zone subméridienne ou elles constituent des dépressions orogéniques locales. La plus grande extension des roches de la série en question est signalée dans la partie centrale de la feuille In-Aghabir; ces roches se superposent en discordance angulaire bien nette sur les formations du Protérozoïque inférieur-moyen et celles de la série volcano-sédimentaire de la partie inférieure du Protérozoïque supérieur. Les formations de la série représentent essentiellement des grès finement grenus, de teinte noire et gris foncé et des pélites gris vert dont l'épaisseur atteint quelques mètres. Des intercalations de conglomérats à galets fins, épaisses de 1-3 mètres reposent au sein des roches grés- pélitiques.

Les roches de la série sont recoupées par de nombreux dykes de porphyritesdiabasiques ayant une orientation Nord-ouest (310°- 320°).

- Série volcanogène (PR^2_3 vl)

Les formations de la série volcanogène sont répandues dans tous les blocs tectoniques et tendent à être associées aux zones de failles importantes. En outre, les fragments isolés de ces failles sont accompagnés par des corps subvolcaniques filoniens de la série volcanogène.

La composition de la série volcanogène comprend deux assises : Inférieure (PR^2_3vl1)- basaltoïdes et Supérieure (PR^2_3vl2)- rhyodacites.

- **-Assise inférieure (PR^2_3vl1) (basaltoïdes):**

Les roches de cette assise se superposent en discordance angulaire bien nette aux formations du Protérozoïque inférieur-moyen et celles de la série terrigène du Protérozoïque supérieur et sont recoupées par les corps de rhyodacites de l'assise supérieure et les intrusions granitiques des complexes Tim-Missaou et Ihouhaouène.

- **-Assise supérieure (PR^2_3vl2) (rhyodacites) :**

Les formations de cette assise terminent la coupe du Protérozoïque supérieur. Leurs produits dérivés sous forme de dykes recoupent les dépôts de l'assise inférieure (PR^2_3vl1). Dans les conglomérats de la série pourprée (E1 pr), les formations en question représentent principalement un matériel sous forme de galets. Cette dernière est essentiellement constituée de porphyres rhyodacitiques et leurs tufs. En outre, de longs corps de rhyolites sous forme de dykes, sont rapportés à l'assise supérieure volcanogène.

1.3. Paléozoïque

Ce sont des formations du Cambrien inférieur et de l'Ordovicien qui font partie des dépôts paléozoïques sur le territoire étudié.

- **- Cambrien inférieur : Série Pourprée (E1 pr)**

Les dépôts de la série sont cartographiés dans la partie Nord-ouest de la feuille In Aghabir, où ils constituent les zones de relief, le terrain ondulé et l'Adrar isolé Akefou.

Dans le premier cas, on signale principalement un gravier, composé de roches de la série volcanogène; en ce qui concerne le deuxième cas ; il s'agit

des conglomérats (poudingues) reposant horizontalement. La composition de galet est la mem-porphyrès rhyodacitiques. Ainsi, la limite inférieure de la Série pourprée est bien nette puisque les dépôts de la série reposent en discordance angulaire nette et sans recouvrements sur les formations sous-jacentes, depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

- Ordovicien inférieur (O1)

Les dépôts Ordoviciens constituent la base de la coupe du complexe paléozoïque de plate-forme (dite Tassili). Ces dépôts reposent en discordance angulaire bien nette sur toutes les roches plus anciennes et ils sont largement répandus suivant la périphérie du Hoggar.

Dans le périmètre de la région étudiée, les dépôts en question sont cartographiés près du cadre sud de la feuille Tibehaouine. On les trouve dans deux affleurements uniformes isolés dont les superficies sont respectivement égales à 5 et 21 km². Ces affleurements représentent les extrémités septentrionales du témoin de l'érosion (du massif tassilien intérieur) de Tim-Missaou dont la majeure partie est répandue sur le territoire adjacent au Sud.

Dans le périmètre du territoire étudié il ne reste conservé que la partie inférieure de l'Ordovicien. Ces dépôts surmontent en discordance bien nette les roches protérozoïques du socle.

1.4. Cénozoïque Quaternaire: Les formations de cet âge sont largement répandues dans la région. Elles constituent de basses terrasses recouvrant les vallées des oueds et forment les chaînes de dunes. Selon l'âge, on distingue ; des dépôts du quaternaire supérieur-actuel et dépôts actuels.

-Dépôts Quaternaire supérieur-actuel (Q_{IV})

Il s'agit des dépôts de terrasses, pentes et glaciaires d'accumulation proluviale. En ce qui concerne le relief, les terrasses représentent un gradin de 0,5-1 mètre (partie Nord-est de la feuille In-Aghabir). Ces terrasses sont

constituées de sables et graviers. Les dépôts de pentes et ceux des glacis d'accumulation proluviale atteignent leur épaisseur maximale au pied des adrars. Il s'agit surtout des adrarstassiliens.

-Dépôts actuels Q_{IV}

Ces sont les dépôts d'oueds (Amded, Tekouiiat et Teghahart) et ceux de vastes plateaux (Sud de la feuille In-Aghabir), ainsi que les sables éoliens constituant les chaines de dunes. Le vent et le relief jouent un rôle prédominant dans la localisation de ces dernières.

2. MAGMATISME

D'après la composition des roches, leurs particularités pétrochimiques et géochimiques, ainsi que selon le temps et les conditions de formation ; des granitoïdes anatectiques du protérozoïque inférieur- moyen et les complexes intrusifs du protérozoïque supérieur ont été distingués

2.1. Complexe des granitoïdes Ahefou du Protérozoïque inférieur-moyen :

Ce complexe renferme les granites gneissiques, les plagiogranites, les granodiorites, les diorites ainsi que le faciès filonien.

Les granitoïdes de ce complexe sont spatialement associés aux formations de la série Tekouiiat, leur formation est due aux processus d'ultramétamorphisme.

Selon leur caractère structuro-lithologique, les granitoïdes du complexe sont subdivisées en 3 groupes :

1^{er}- granites leucocratesgneissifiés, granites mésocrates porphyriques à biotite et granites à biotite et hornblende .

2^{ème}- granodiorites gneissiques, diorites quartziques et diorites ;

3^{ème}- aplites, pegmatoïdes et granites pegmatitiques .

2.2. Complexes intrusifs du Protérozoïque supérieur :

Au protérozoïque supérieur se rapportent les complexes intrusifs suivants : Ultra- basique (Amde gam) ; syn-et-postorogéniques (Tan-Chaffaoutch) Tim-Missaou (tm) et Ihouhaouène (ich) ainsi que le complexe d'intrusions postorogéniques supplémentaires hypabyssales.

- Complexe ultra basique Amded (G Cm)

Les roches de ce complexe sont observées sous forme de plaques soumises au boudinage dans les zones de failles importantes, soit sous forme de petits massifs de forme isométrique qui se manifestent habituellement dans les zones de chevauchements.

Dans le périmètre de la zone de faille Tan-Chaffaou occidental, les boudins de roches ultrabasiques sont cartographiés sous forme de chaînette sur toute sa longueur. Les massifs de roches ultra-basiques sont cartographiés dans la zone Issoudem où on les voit localisés dans les zones de chevauchements adjacentes en formant le relief des adrars.

- Complexe Tan-Chaffaou (ytch) et Tim-Missaou (ytm) -Complexes Syntectoniques) :

Les granites Tan-Chaffaou (y tch) et Tim-Missaou (y tm) s'effectuant dans les différentes conditions structuro-tectoniques. Les granites en question sont spatialement séparés ; sont rapportés aux granites du complexe Tan-Chaffaou.

Les granites du complexe Tan-Chaffaou affleurent dans la partie Est du territoire étudié aux limites des blocs Tan-Chaffaou et In-Aghabir (D) et Amded-Aderniba (E). Ici, ils constituent un groupe de massifs dont les plus importants sont : In-Aghabir , Tan-Chaffaou , Tekouiiat , Aderniba et Aderniba méridional .

-Complexe Tim-Missaou (γ tm) :

Les granites de ce complexe constituent deux massifs importants : Tin-Alous situé au Nord-ouest de la feuille In-Aghabir et Issouden affleurant au Sud-est de la feuille Tibehaouine et représentent l'extrémité septentrionale du grand batholite Tim-Missaou. Les granites du complexe recoupent les roches de la série volcano- sédimentaire du protérozoïque supérieur et ils sont à leur tour transversés par les dykes subvolcaniques de la série volcanogène du protérozoïque supérieur. Les roches de ces dykes subvolcaniques sont signalées parmi les galets des conglomérats du cambrien inférieur (Série pourprée).

.2.3. Complexe Ihouhaouène (γ ch)

Les granites porphyriques à biotite grossièrement et moyennement grenus, gris rosâtres du complexe Ihouhaouène constituent les massifs suivants : Ihouhaouène proprement dit et Ihouhaouène oriental. Les corps ont une forme allongée.

Le massif Ihouhaouène est localisé aux limites d'In-Ouzzal, tandis que le deuxième massif se trouve dans la zone de faille Tigheieetoù les formations de la série volcano-sédimentaire servent de roches encaissantes.

.2.4. Complexe d'intrusions postorogéniques hypabyssales supplémentaires (υdp, γnII dp, ξydp) :

Ce complexe est caractérisé par une variété de mode de gisement et de facies hypabyssaux(avec prédominance de faciès subvolcaniques et hypabyssaux).

Une série de dykes constitue localement de longues ceintures qui recoupent des formations d'âges différents. Une partie des dykes se manifeste avec les structures locales.

Au sein de la série de dykes, on signale les groupes de roches suivantes :

1-Gabbros, diabases, porphyritesdiabasiques. **2**-Microdiorites, porphyritesdioritiques. **3**-Granosyérites-porphyrés, granites-porphyrés et porphyres rhyolitiques.

- **Bloc In-Ouzzal**

Il est constitué d'une grande ceinture de dykes de 18-20 km de largeur environ. Cette ceinture est allongée dans le sens Nord-ouest elle est composée des roches noires, compactes, à structure généralement finement grenue, contenant des plagioclases basiques, pyroxènes et hornblendes.

- **Bloc Tamerouelt-Tigheiert (partie septentrionale) :**

Cette région s'agit de fragments d'une longue ceinture de dykes .Ces derniers sont diabasiques analogues de direction sublatitudinale sont cartographiés aux limites du bloc Tan-Chaffaou, In-Aghabir. Ici, aux conns d'une bande large de 12-15 km, leurs dessins sont suivis sur une distance de 18-20 km ; leur développement est limité par deux failles de direction subméridienne.

3. Tectonique

Les plus importants éléments structuraux du socle en question sont les suivants :

1-Horst archéen d'In-Ouzzal composé de roches de formation charnockite-enderbite.

2-Région stable des formations de la série Tekouiiat et des anatectites du complexe Akefou datée du Protérozoïque inférieur-moyen.

3-Région du Protérozoïque supérieur d'activation tectono-magmatique, dont les formations constituent différentes zones de complexes intrusifs.

Les anciennes failles à directions principalement subméridienne et Nord- est se distinguent parmi les dislocations disjonctives. Il s'agit en premier lieu de la faille In-Ouzzal Oriental qui délimite le horst In-Ouzzal à

l'Est et d'une série de failles partageant de gros blocs tectoniques et déterminent le plan structural du territoire.

4.Minéraux utiles :

Dans le la région d'étude, un petit gisement, deux indices (Akefou et Ouest) et quelques dizaines de points de minéralisation ont été mis en évidence. Outre cela, il a été révélé quelques anomalies et auréoles de poussières de minerai.

4.1.Métaux ferreux.

-Fer :

Les indices de fer sont subdivisés en métamorphogènes (quartzites ferrugineuses), skarns, et volcano-sédimentaires.

Les quartzites ferrugineux forment des intercalations et des lentilles épaisses de quelques centimètres à des dizaines de mètres et longues de 10-15 km. La teneur en Fe y varie de 25 à 45%. Parfois, les quartzites ferrugineux se transforment en stériles. Tous ces indices se trouvent dans une bande large de 35-40 km. Ils sont suivis dans le sens Sud-ouest sur une distance de 150 km.

Les indices en question présentent des corps sous forme de nids et lentilles peu puissants à composition épidote-magnétite qui sont considérablement hématitisés et se développent sur les roches carbonatées et celles de composition basique, du protérozoïque tardif. Ces indices peuvent servir de critère de recherche pour d'autres minéraux utiles de type skarn.

-Chrome et Nickel :

Les indices de Ni-Cr sont associés aux amphibolites de la série Tekouiiat,gabroïdes, pyroxénites, serpentinites d'âge protérozoïque, ainsi qu'aux roches quartzo-carbonatées (calciphyres) de l'Archéen. Aux limites du territoire étudié, il a été révélé 55 objectifs de nickel et 6 de chrome. D'après

Les niveaux de concentration des métaux, ils font partie du groupe d'anomalies géochimiques (38 objectifs) et de points minéralisés (23). De basses concentrations de ces éléments sont typiques pour le groupe des roches gabbroïdes des complexes Akefou et Amded. Les teneurs les plus hautes en Co et Ni se trouvent en relation avec les massifs de serpentinites du complexe Amded.

.4.2. Métaux non Ferreux -Cuivre : Le cuivre forme de faibles trainées de dispersion longues de 3-4 km dans le périmètre des affleurements de roches les plus variées de la région étudiée. Ces trainées sont souvent accompagnées de celles de Pb et Sn également en faibles traces.

Des concentrations élevées de cuivre sont observées dans des secteurs et des points isolés. Elles sont associées aux roches du complexe In- Ouzzal, aux affleurements de la série pourprée et à la zone de jonction du bloc In- Ouzzal avec les formations plus récentes (sur le territoire de la feuille In- Aghabir).

-Plomb

Les trainées de dispersion du Pb, sont faibles. Dans le périmètre du bloc In-Ouzzal, il a été révélé certaines trainées de dispersion longues de 2 km et à teneur en Pb égale à 2,5-5,10 % formant une anomalie dont la superficie est d'environ 30 km². Cette anomalie est due à la teneur élevée en Pb au sein des métasyénites et des carbonatites. Les concentrations de Pb atteignent 0,15 % dans ces roches.

-Zinc: Il est assez rare, il est observable dans des concentrations proches du seuil de sensibilité de l'analyse, aux limites d'extension de différentes formations géologiques. Il ne forme pas d'anomalies.

-Etain: Cet élément est mis en évidence dans les trainées de dispersion en concentrations minimales au niveau du champ de développement des granitoïdes et par endroits, dans les roches métamorphiques du bloc Moudir-Zaouatane. Des concentrations élevées en étain sont notées aux

limites de l'endo-exocontact occidental des granites du massif Ihouhaouène, sur la rive droite du courant inférieur de l'Oued Tekouiat (feuille Tibehaouine) et le long du contact Ouest du massif Tan-Chaffaou.

-Or: Cet élément n'est révélé que dans des échantillons isolés en concentrations de 0,01- 0,2 gr/t. Pourtant, des teneurs en Or égales à 1,5 et 5 gr/t sont signalées dans deux échantillons. La majorité de ces échantillons est associées aux zones de failles In-Ouzzal oriental, Tan- Chaffaou occidental et Issoudem. Ces zones sont remplies de matière quartzo-filonienne contenant de l'or en concentrations allant de 0,01 gr/t à 5-10 gr/t.

-Argent: Cet élément a été révélé dans des trainées de dispersion en concentrations proches du seuil de sensibilité de l'analyse, au niveau de 0,1- 0,2 gr/t. C'est seulement les échantillons isolés qui ont montré des teneurs en Ag allant jusqu'à 1,0 gr/t. De telles concentrations basses en Ag forment de vastes champs géochimiques le long des zones de grandes failles : In-Ouzzal oriental, Tan-Chaffaou occidental-oriental et Issoudem.

-Tungstène et Molybdène: Les concentrations de ces métaux sont minimales sur les affleurements des granitoïdes. Des teneurs élevées sont très rares, on les signale dans des échantillons isolés ; leurs valeurs atteignent : tungstène 0,003 %, molybdène 0,0008 Niobium, on le trouve dans des valeurs situées au niveau du seuil de sensibilité de l'analyse exclusivement sur la feuille In-Aghabir, dans des trainées drainant les massifs des granites Ihouhaouène occidental et oriental. Ici, le niobium forme des anomalies dont la superficie va de 20 à 140 km². Des échantillons isolés contenant le niobium sont notés sur les granites du massif Tan-Chaffaou et dans son exocontact oriental.

-Terres rares: Parmi le groupe de terres rares, au sein des trainées de dispersion, il a été identifié le lanthane et parfois, le cérium et l'ytterbium. Le lanthane est présent dans des échantillons isolés dans des concentrations minimales et parfois en commun avec l'yttrium, l'ytterbium, le gallium, le

niobium, le strontium et le baryum. C'est seulement dans le périmètre de la feuille Tibehaouine, sur la rive gauche de l'Oued Tekouiiat que l'on a révélé une auréole de lanthane à intensité moyenne et dont la superficie est de 12 km². Cette auréole est orientée dans le sens Nord-ouest. Avec le lanthane, on y trouve l'argent et le bismuth, mais dans des concentrations minimales. Cette anomalie est associée aux roches de la série Tekouiiat recoupées par des diorites du complexe Akefou.

-Lithium: Le lithium est révélé en petites teneurs sur quelques granites et zones de failles, et en commun avec le bismuth. Le lithium forme des anomalies larges de 2 à 4-5 km et allongées dans le sens Nord-est, dans la feuille Tibéhaouine.

-Bismuth: Le bismuth est signalé dans des trainées de dispersion en concentrations minimales dans des échantillons isolés. Cet élément n'en forme pas les anomalies. Dans certains cas (sur la feuille Tibehaouine), ses concentrations sont au niveau du seuil de sensibilité de l'analyse (jusqu'à 0,0001 %) et forment des champs géochimiques, ensemble avec le lithium, sur les zones de failles.

B-Partie 2 : In Hihou-Takhamalt:

I-Litho-stratigraphie:

- Le territoire de la feuille d'In-Hihou et Takhamalt est constitué par des ensembles stratifiés et magmatiques d'âge et de genèse variés. Chaque ensemble géologique exprime une étape majeure de l'évolution géologique de la région. On distingue les ensembles cat azonaux de l'Ouzzalien et du Suggarien, respectivement d'âge archéen et protérozoïque inférieur, la Série de Tideridjaouine du Protérozoïque moyen, l'ensemble Pharusien du Protérozoïque supérieur, la série pourprée (Protérozoïque supérieur - Cambrien inférieur) et les terrains quaternaires.

I.1-Archéen (Complexe d'In-Ouzzal) :

-Les formations de cette série se caractérisent par un complexe métamorphique à faciès granulitique, affleurant dans la partie orientale du territoire de la feuille d'In-Hihou, couvrant une superficie d'environ 5.600 km². Il s'agit essentiellement d'un gros bloc archéen, dit « môle In Ouzzal », qui s'étend bien au-delà du cadre de notre étude.

A l'Ouest, la zone d'extension de ces terrains archéens est nettement limitée par l'accident Ouest Ouzzalien (2°27' E). Ils sont bordés, au Nord et au Nord-Ouest, par une bande de pointements Suggarien et de formations encore plus récentes. On distingue dans le complexe d'In Ouzzal cinq principaux groupes pétrographiques :

I.1.A- Les granulites basiques (AR) :

A ce groupe de roches sont attribués les norites, les gabbros-norites, les proxénètes, les péridotites, les plagioclases et les schistes cristallophylliens à hypersthénie, avec ou sans grenat. Les corps des granulites basiques présentent une forme stratoïde ou lenticulaire de longueurs plurikilométriques, avec des contours inégaux et sinueux, d'épaisseur variant entre 50 à 300 m. Il s'agit de roches mélanocrates inéquigrènes, à texture massive et rubanée.

-Les norites et gabbros-norites sont constitués de pyroxènes monocliniques (<15%) et orthorhombiques (<10%), d'andésine (60-65%) et d'hornblende brune (<10%). La biotite de teinte brun-rouge et le grenat sont souvent signalés dans les schistes cristallophylliens. Les pyroxénites et les péridotites contiennent jusqu'à 35% d'olivine, souvent serpentinisées. Le diopside, le grenat et la scapolite sont signalés dans les plagioclases. Certaines pyroxénites à grenat sont proches des éclogites. Les minéraux accessoires (<5%) sont essentiellement représentés par la magnétite, l'apatite et le spinelle.

Les gabbros et gabbros-norites à diorites des bordures Nord et Nord-Ouest du môle archéen se caractérisent par des roches mélanocrates, tachetées, parfois finement rubanées et à distribution inégale de minéraux noirs. Le rubanement primaire s'exprime par une texture taxitique et lenticulaire-rubanée, d'origine magmatique; le rubanement secondaire traduit des processus de recristallisation et de granitisation.

Leur structure est gabbroïque et prismatique. La roche est constituée d'andésine (<60%), d'hornblende brune (<30-35%), de pyroxène (0-5%).

Les norites et gabbros-norites étaient autrefois considérés comme des intrusions qui se seraient mises en place dans les schistes cristallophylliens à hypersthène qui leur sont associés et qui étaient envisagés comme étant des méta-volcanites. Nos observations montrent que les passages des norites aux schistes cristallophylliens sont souvent progressifs, sans contact franc; ce qui peut s'expliquer par la transformation des norites en schistes sous l'effet de la recristallisation et de la différenciation métamorphique. La nature plutonique des norites étant indiscutable; ce qui nous conduit à conclure que l'ensemble du groupe des granulites basiques représente aussi une origine magmatique. Une partie des plagioclases à grenat et diopside, ainsi que des pyroxénites à Structure grossièrement grenue représenteraient vraisemblablement des formations métasomatiques de type skarnoïde.

I.1. B- Les calciphyres (AR) :

Ces roches sont essentiellement développées dans la partie occidentale du môle d'In-Ouzzal, où elles forment trois à cinq corps stratiformes, d'épaisseur 10 à 100 m et atteignant 14 km de long. Ailleurs, elles sont observées sporadiquement sous forme de lentilles ou de niveaux, de moins de 10 m d'épaisseur et de moins de 3 km de long. A l'œil nu, ce sont des roches gris-bleuâtres, gris-mauves, à texture massive ou tachetée, à grain moyen.

Les explorateurs précédents attribuaient aux calciphyres d'In-Ouzzal une origine sédimentaire. A l'heure actuelle, il semblerait qu'elles sont soit

primitivement magmatiques (carbonatites) soit d'origine métasomatique. Ainsi, plus au Sud sur le territoire de la feuille Takhamalt, on observe un massif d'injection de roches similaires qui recoupe les enderbites et les norites encaissantes.

-Sur le territoire d'In-Hihou, les calciphyres sont toujours riches en enclaves, angulaires ou arrondies. Selon les géologues roumains, il s'agirait de métasomatites, comme le témoignent les relations qu'elles, entretiennent avec les roches alcalines et les anomalies radioactives. Ces données permettent d'émettre l'hypothèse selon laquelle les roches carbonatées du complexe d'In-Ouzzal auraient une origine magmatique ou métasomatique; hypothèse qui reste à vérifier sur les territoires voisins.

I.1. C- Les quartzites :

Les quartzites ont une grande extension dans le complexe d'In-Ouzzal. Il s'agit de quartzites feldspathiques, à grenat-sillimanite, à muscovite et monominérales. On note également des quartzites ferrugineux, Avec une quantité variable d'hypersthène, de grenat, de diopside et de cummingtonite.

Les corps de quartzites présentent un aspect stratiforme ou lenticulaire, S'étirant sur une longueur atteignant 10 km. Leurs épaisseurs ne dépassent pas 40 à 50 m. Ces quartzites ont une couleur grise, gris Foncé et gris bleuâtre. Ils se caractérisent par une structure finement à grossièrement grenue et une texture massive, schisteuse, à rubanement Fruste à fin. Ils sont souvent constitués de quartz et d'une petite quantité de silicates (0-10%). Seuls les quartzites ferrugineux offrent des espèces dans lesquelles l'élément constitutif principal est la magnétite (40-50%).

La composition des quartzites est sujette à des variations notables tant à travers, que dans le sens de l'allongement des structures. Il s'agit de passages graduels de quartzites monominéraux feldspathiques, avec ou sans mica, qui par la suite cèdent leur place (par substitution) à des roches quartzo-feldspathiques de type pegmatitique et des granites alaskitiquespegmatoïdes.

Dans le sens de l'allongement, les quartzites passent souvent soit à des quartzites monominéraux stériles soit à des roches à quartz-magnétite hypersthène, avec des reliquats du substratum basique.

I.1. D-Les plagiogranito-gneiss à hypersthénie (enderbites) :

Il s'agit d'un ensemble granitoïde archéen ultra métamorphique qui prédomine dans les terrains du complexe d'In-Ouzzal et auxquels toutes les roches susmentionnées servent de «substratum». Parallèlement à ces roches, les granitoïdes participent à la constitution des structures plissées archéennes à plans multiples.

L'ensemble des granito-gneiss se distingue par des structures finement à grossièrement grenues, par leur texture massive rubanée, gneissique et par leur composition inégale des minéraux leuco-et mélanocrates. Les études détaillées ont permis de découvrir en de nombreux points des passages progressifs entre les schistes cristallophylliens, les gabbros, les norites, les gabbros-norites et les plagiogranito-gneiss à hypersthène (enderbites) de l'encaissant. La largeur des zones de transition dépend du processus de la granitisation et de la composition du substratum. Les roches les plus réfractaires de cette substitution sont représentées par les schistes cristallophylliens, les norites et les gabbros-norites. Les zones des migmatites de contact sont contrastantes. Elles représentent une fine séquence de lits du substratum avec des alternances de plagiogranites à hypersthène. La largeur de ces zones peut atteindre des dizaines et même des centaines de mètres.

I.1. E-Les gneiss-granites leucocrates :

Cette série se caractérise par des intrusions sous forme des dômes gneisso-granitiques. Elle se localise dans les zones archéennes intensément plissées. L'action franche de ces granites sur les épontes est confirmée par la présence de multiples apophyses (fillonnets) sécantes. Les granites de ce groupe génétique présentent un aspect leucocrate avec absence complète d'éléments mélanocrates, une texture massive gneissique et une structure

inéquigrenue. Les gneisso-granites sont composés par un cortège minéral varié, représenté principalement par le microcline (30-40%), le plagioclase-oligoclase (25-45%), le quartz et la muscovite (myrmékitisation). Cette dernière, témoigne du rôle important que jouait la métasomatose potassique dans la formation de ces granitoïdes. Outre les dômes gneissiques, les granites en question sont toujours associés aux enderbites et la plupart du temps, est pratiquement impossible de les différencier en raison de la complexité de leur alternance.

I.2-Protérozoïque Inférieur : Suggarien (PR1sg)

-Il s'agit d'une série de roches intensément métamorphisées en gneiss à faciès amphiboliques, schistes cristallophylliens, d'amphibolites, marbres, quartzites et micaschistes quartzifères. Elle se présente sous forme de lentilles et de petits niveaux de faible épaisseur, encaissée dans la masse à granito gneiss amphiboliques. Les roches sont intensément migmatisées, avec des injections sécantes d'aprites, de pegmatites et de filons de quartz.

- Cette série affleure sous forme de deux bandes subméridiennes, Jalonnant la bordure occidentale du territoire de la feuille d'In-Hihou et la bordure occidentale du môle In-Ouzzal. Le Suggarien y borde apparemment le môle in-Ouzzal sous forme d'un large arc, limitant son extension vers le Nord. Les roches présentent un pendage doux à l'Est, compliqué par une série de petits plis plats.

- Les roches appartenant au complexe Suggarien se composent principalement de gneiss, de quartzites, d'amphibolites, de schistes cristallophylliens à biotite et amphibole et de marbres. Leur âge Eoprotérozoïque est attribué sur la base de l'âge de ses structures plissées méridiennes qui est plus jeune par rapport à celui des structures sublatitudinales de l'Archéen qu'elles recoupent.

I.3. Protérozoïque Moyen: Série de Tideridjaouine (PR2t) :

- Cette série se compose de couches monotones de quartzites, de quartzito-grès et micaschistes quartzifères, recouvrant l'ensemble de l'Adrar de Tideridjaouine, situé au Sud-ouest de la feuille d'In-Hihou.

Les conglomérats de base de la série ne sont pas connus ni d'ailleurs son socle. Sur le plan structural, la série affleure sur le périmètre du bassin pharusien, surmontée par les formations de la série à stromatolithes. Les roches de cette série sont essentiellement composées par :

- Les quartzites monominéraux qui forment des couches d'épaisseur variable (0,5 à plusieurs mètres).

- Les quartzites hyper alumineux sont des quartzites lités à muscovite, dans lesquels on trouve aussi de l'hématite et de la tourmaline et quelquefois du zircon.

- Les quartzites massifs à grain fin sont des roches dépourvues de traces de stratification.

- Les quartzites feldspathiques sont rares.

- Les micaschistes quartzifères sont des roches facilement altérables qui forment de multiples interlits dans les quartzites,

- Les conglomérats ne sont signalés que dans un point de l'Adrar Tideridjaouine où ils sont observés sous forme de lentilles

- Les quartzito-grès forment une série importante d'environ 2000 à 3000 m de large. Elle est caractérisée par des couches continues d'épaisseur métrique.

I.4- Protérozoïque Supérieur: Pharusien :

- Les terrains protérozoïques supérieurs du complexe pharusien constituent une bande subméridienne de grande étendue, affleurant surtout dans la partie occidentale du territoire de la feuille d'In Hihou. D'après

Caby (1970), cet ensemble est subdivisé en deux séries qui se distinguent par leur composition lithologique. Il s'agit de la série inférieure dite « la série à stromatolithes » et la série supérieure dite série « verte ».

I.1.4.a- Protérozoïque supérieur : Série à stromatolithes (PR3st) :

-La série à stromatolithes (PR3st) se distingue au Nord-Ouest du Hoggar

(J. Fabre & J .M. Freulon, 1962; R. Caby, 1970). Sur le territoire de la feuille d'In-Hihaou et la feuille takhamalt, elle affleure en bordure des terminaisons Nord et Sud du synclinorium d'In Zize. Il s'agit d'une série constituée de roches carbonato-terrigènes siliceuses (schistes, quartzites, marnes, calcaires, jaspes à hématite, avec une quantité subordonnée de tufs et de laves volcaniques de composition basique à acide).

I.4. b- Protérozoïque supérieur : Série verte (PR3V)

-Décrits pour la première fois par R. Caby (1970), ces terrains affleurent dans la moitié occidentale du territoire de la feuille d'In Hihaou et takhamalt, couvrant une superficie de 1500km². Il s'agit d'une puissante série (inférieure à 4000 m) de roches volcaniques et terrigènes, subdivisée en trois unités principales :

.b-1- L'unité inférieure (PR3V1) : Cette unité est localisée dans les secteurs marginaux du graben synclinal.

.b-2- L'unité médiane terrigène (PR3 V2): Cette unité affleure au centre du graben-synclinal, où elle repose sur les terrains de l'unité inférieure.

.b-3- L'unité supérieure volcano-sédimentaire (PR3V3) : Elle se localise dans la partie centrale, du graben-synclinal, où elle repose en pente douce sur les terrains de l'unité médiane.

1.5. Protérozoïque supérieur-cambrien inférieur : Série pourprée (PR3E1).

Il s'agit de grès et de conglomérats peu disloqués et non métamorphisés, comportant des lentilles et bancs de calcaires, de silts et roches siliceuses. On note également des coulées de basaltes, d'andésites, d'ignimbrites rhyolitiques et de tufs dérivés, au voisinage des édifices subvolcaniques des Taourirt. Ces formations sont discordantes sur les terrains pharusiens et les roches plutoniques qui les recoupent. Au Nord du territoire d'In Hihaou et takhamalt, les dépôts de la série pourprée sont surmontés en discordance par les grès du Tassili. Cette série est subdivisée en deux unités, à savoir : l'unité inférieure volcano-sédimentaire et l'unité supérieure terrigène.

I.1.5. a-Unité inférieure PR3-E11P :- Cette unité se caractérise par de petits pointements, apparaissant surtout dans le coin N-E de la feuille d'In Hihaou et takhamalt.

-Les roches composant cette unité sont essentiellement représentées par des volcanites et des tufs de composition intermédiaire à acide (andésitobasiques, andésites-dacites, rhyolites et tufs dérivés). Des lentilles et intercalations de conglomérats, micropoudingues et grès atteignant 120m d'épaisseur, sont localement constatées.

Le long de la bordure orientale de l'Adrar In-Hihaou, l'unité de base est représentée par des andésito-basaltes et des andésito-dacites, plongeant doucement vers l'Ouest et vers le centre de la structure volcano-plutonique.

I.1.5. b-Unité supérieure PR3-E21P : Cette unité affleure sous forme de pointements isolés dans partie Est et Nord du territoire de la feuille d'In-Hihaou. Le plus important d'entre eux, est le pointement occidental, appartenant au bassin d'Egatalis, qui est suivi loin vers l'Ouest, au-delà des limites du territoire de l'étude. Les contacts des formations de cette unité avec les terrains sous-jacents sont la plupart du temps fortement tectonisés.

Les formations affleurant dans cette unité sont essentiellement représentées par des :

- Poudingues à éléments petits à moyens.
- Cette formation présente une épaisseur de 50 à 60 m et le pendage des couches est de 15-20°E.
- Grès arkoses et polygéniques (150-200 m d'épaisseur).
- Alternance d'arkoses et de grès lités (800-900 m d'épaisseur).

I.2- Quaternaire :

-Les formations de cet âge sont plus ou moins bien développées sur le territoire de la feuille d'In-Hihaou et la feuille de takhamalt. Elles constituent les terrasses fluviales de hauteur modérée qui comblent les vallées des oueds. Elles forment par endroits des dunes atteignant une centaine de mètres de hauteur. On retrouve les terrains du Quaternaire moyen-supérieur, du quaternaire supérieur-actuel et actuel.

I.2.a-Terrains du quaternaire moyen-supérieur (QII-) :

- Ces terrains sont essentiellement représentés par des alluvions sableuses et caillouteuses, des terrasses anciennes, très érodées, formant par endroits des petites collines à pente douce. Ces dernières, sont constituées par des blocs et des galets, intercalés de sable, gravillons, moins souvent de limons (probablement d'origine lacustre). L'épaisseur maximale de ces terrains est de 40 à 50 m.

. Les champs les plus vastes de ces dépôts de terrasses sont cartographiés dans l'oued Ahendedar. L'âge ancien de ces dépôts est déterminé selon des critères géomorphologiques.

I.2.b-Terrains du Quaternaire supérieur-actuel (Q-IV) :

-Ces terrains sont représentés par des dépôts d'oueds, des pentes et des épandages proluviaux (cônes de déjection). Les alluvions fluviales atteignent 10 m d'épaisseur da l'oued Ahendedar. Les résultats des travaux miniers (puits) montrent que ces dépôts sont constitués de sables et de gravier (V. Izarov, 1972). L'épaisseur des terrains de pente et des cônes de déjection atteint leur maximum aux pieds des Adrars. Ils couvrent parfois de très vastes étendues.

I.2.c-Terrains actuels (QIV) :

-A ces terrains se rapportent les sables éoliens, formant de petits ergs et des chaines de dunes qui sont relativement importantes par endroits (exemple dans l'erg de GuidiAzzedene). Le vent et les divers obstacles créés par la topographie des reliefs, jouent un rôle prépondérant dans l'accumulation de ces dépôts dans cette partie du Sahara.

L'âge plus récent de ces formations, par rapport aux alluvions des oueds, apparait nettement à différents endroits. Les sables des ergs et des dunes sont en perpétuel mouvement et recouvrent entièrement ou partiellement les alluvions des oueds, bien visibles à 10 km au NE de l'extrémité septentrionale de l'Adrar Tideridjaouine.

2-MAGMATISME :

Les formations magmatiques jouent un rôle important dans le contexte géologique du territoire de Tekhammalt. Il s'agit surtout des formations acides (granitiques). Les roches neutres, basiques et ultrabasiques sont moins fréquentes. Leur datation est basée sur l'association spatiale avec des assises métamorphiques, à l'exception des roches liées l'orogénèse panafricaine.

2.1-Complexe magmatique archéen :

Ce sont les charnockites qui constituent quelques massifs au Nord de Tekhammalt. A proximité de l'Adrar Tekhammalt et Tan-Atram, se situe un massif constitué d'après M. Gravelle, de syénites à quartz de composition calco-alcaline.

-Les massif gneissiques et granito-gneissiques sont fréquents et s'allongent vers le NE. La zone de contact externe SE et SW, large de quelque centaines de mètres, comporte des migmatites passant progressivement aux gneiss ouzzaliens. L'aspect discordant de ce massif par rapport aux roches encaissantes, laisse suggérer une origine intrusive. Le massif a été métamorphisé dans le faciès granulite, donnant aux granitoïdes une structure rubanée gneissique avec apparition de l'hypersthène.

2.2-Complexe magmatique du Protérozoïque inférieur :

-La granitisation affectant l'assise gneissique du Suggarien a abouti à la formation des migmatites. On retrouve souvent des corps granitoïdes avec une abondance de granites, de granitoïdes et de diorites gneissiques, L'extension des corps est de plus de 15Km, avec une largeur de 3 à 5km. A noter que les corps magmatiques comportent autant de variétés massives que gneissiques. Leurs contacts avec les roches encaissantes sont flous; ce qui est propre aux terrains de développement de diorites et granitoïdes. Elles sont composées de plagioclases (oligoclase), de quartz, de biotite et d'amphibole. On signale de l'épidote-magnétite, du microcline réticulaire et du sphène. Le quartz est toujours d'origine filonienne.

-Des massifs de petits corps localisés au Nord de Tekhammalt, parmi les roches ouzzaliennes se rapportent aussi au Protérozoïque inférieur.

-La texture des granites est hypidiomorphe-grenue et perthitique.

-L'introduction des dykes gabbroïques et ultrabasiques est liée au complexe magmatique du Protérozoïque inférieur.

-Les gabbros-norites : Ils présentent une texture gabbroïque, avec une structure massive faiblement rubanée.

-On signale des dykes isolés d'anorthite ou labrador.

2.3- Complexe magmatique du Protérozoïque supérieur :

-Il comporte des roches variées de composition acide jusqu'à ultrabasique.

-Les intrusions gabbroïques plus récentes, se sont introduites en deux phases. En effet, des corps étirés de gabbros, de gabbro-norites et de gabbros à olivine se rapportent à la phase principale précoce.

-Un massif de granites biotitiques de direction NE, se distingue dans la partie ouest de la feuille. Il présente une longueur d'environ 20Km.

-Les zones de contact interne est du massif comportent des adamellites de composition biotito-hornblendique.

-Ces zones sont composées principalement de plagioclase pélite et séricitisé, de quartz, de microcline-perthite, de biotite feuilletée brune et d'hornblende verte.

-Au Nord du territoire, les roches de la série à stromatolithes comportent de nombreux corps granitiques semblables à ceux décrits plus haut.

Dans la zone faillée ouest Ouzzalien, ils sont cataclasés et mylonitisés.

-La série filonienne est représentée par de petites veines apliques qui recoupent les granites et les gneiss encaissants.

-Les granites présentent une texture hypidiomorphe-grenue Ils sont composés de quartz, d'oligoclase, de microcline-perthite et de biotite.

-La série filonienne est représentée par de petites veines apliques qui recoupent les granites et les gneiss encaissants.

-Au SE du territoire, on note un massif de granodiorites du Protérozoïque supérieur qui recoupe les roches de la série verte.

-Les terrains suggariens, ouzzaliens et ceux de la série à stromatolithes comprennent des granite-porphyres, des porphyres quartzeux et des filons pegmatitiques.

-Les pegmatites comportent des teneurs élevées en métaux rares (niobium, wolfram et étain) sans valeur économique.

-Les dykes peu épais, sont schistosés, épidotitisés et quartzifiés.

3 – MINERALISATIONS :

-La feuille d'In Hihou ne comporte aucun gisement économiquement intéressant. Les travaux de synthèse menés dans le cadre de cette étude ont abouti à la mise en évidence de 13 indices, 81 points de minéralisation, 137 anomalies géochimiques, 5 auréoles minéralogiques et 15 auréoles de dispersion litho-géochimique de métaux ferreux, non ferreux, métaux rares, métaux précieux et substances utiles non Métalliques.

.1. Métaux Ferreux :

.1.a-Fer : La minéralisation ferrière est localisée dans les quartzites ferrugineuses du complexe d'In Ouzzal; Les quartzites ferrugineuses se localisent dans un niveau caractéristique de la coupe du complexe d'In Ouzzal qui se distingue par la grande quantité du substratum basique résiduel et des produits de la transformation qu'il contient(gabbros-norites, pyroxénites, schistes à pyroxène amphibolites, roches grenatifères, calciphyres, Quartzites stériles).

.1.b-Titane:Au stade actuel des connaissances, le territoire de l'étude comporte 6 anomalies géochimiques de titane. Elles se localisent dans les zones de silicification et d'épidotisation des roches plutoniques basiques et des terrains de la série verte. Ces anomalies sont dépourvues d'intérêts pratiques.

.1.c-Manganèse : Les anomalies de manganèse ont été identifiées dans des amas nidifiés de rhodonites roses qui se trouvent dans les roches carbonatées du complexe d'In Ouzzal et du Pharusien, parfois associées aux roches carbonatées de la série verte dont l'une se localise dans un xénolite d'amphibolite emballé dans les diorites du complexe pharusien.

Tous ces indices sont pratiquement dépourvus d'intérêts pratiques.

.2. Métaux Non-Ferreux :

.2.a-Cuivre : Le cuivre se localise dans les terrains pharusiens et est génétiquement liée à l'activité volcanique tardi-protérozoïque. Laminérisation cuprifère des terrains volcano-sédimentaires de la série verte est de type cuivre pyriteux, liée à l'étape finale du volcanisme.

.2.b-Plomb : sur le territoire de la feuille d'In Hihaou, la minéralisation plombifère a été localisée en 6 points de minéralisation et en 19 anomalies géochimiques, la plupart de ces anomalies sont associées aux zones de silicifications veinulées et aux filons de quartz affectant les terrains des complexes suggarien, In Ouzzal, Taourirt, ainsi que ceux de la série verte, série pourprée et série à stromatolithes.

.2.c-Zinc : les anomalies géochimiques de zinc marquent les zones de silicification et de bréchification affectant différentes roches, ainsi que les filons de quartz isolés.

.2.d Etain -: il a été découvert en tout 3 anomalies géochimiques sur le territoire de la feuille d'In- Hihaou, Elles sont toutes localisées dans le môle d'In Ouzzal et correspondent à des pegmatites, quartzites et à des filons de quartz.

.2.e-Cobalt et nickel : ces métaux forment 13 anomalies géochimiques mixtes dans les roches du Suggarien et de la série verte.

.3-Métaux rares : il a été localisé en tout 1 indice et 28 points de minéralisation et anomalies géochimiques de métaux rares, tels que le

molybdène dans les filons de quartz, la Wolframite et la Cassitérite dans les greisens, avec des teneurs légèrement anormales en Tungstène, Molybdène, Niobium, Hafnium, Bismuth et Béryllium dans plusieurs autres formations, le béryllium est la plus part du temps constatés dans les filons de quartz aurifères.

.4-Métaux précieux : Une quantité relativement importante d'indices d'or et d'argent a été découverte. Une typologie principale se distingue à l'étape actuelle des connaissances géologiques : le type hydrothermal des filons de quartz aurifère. Dans les autres terrains, notamment dans les quartzites ferrugineux du complexe d'In Ouzzal, seuls quelques échantillons présentent des traces d'or et d'argent et d'ailleurs avec des concentrations très basses de quelques centièmes à 4g/t.

Les indices d'or liés aux filons de quartz sont localisés au sein du môle In Ouzzal et ne peuvent présenter aucun intérêt pratique en tant que gîtes indépendants. Les filons de quartz des terrains pharusiens sont peu favorables pour la découverte éventuelle de la minéralisation aurifère.

4. TECTONIQUE :

A l'échelle régionale, le territoire de la feuille d'In-Hihaou se situe dans une zone particulière, où s'articulent à l'Ouest le craton Ouest-africain, à socle consolidé daté de 1800-2000 MA (J. Fabre, 1962) et à l'Est la ceinture plissée nigérienne d'âge panafricain.

Cette zone fait preuve d'une mobilité, durant l'Antécambrien et le Paléozoïque inférieur. Les plus importants édifices structuraux se résument comme suit :

- Le Mole d'In Ouzzal, constitué de roches archéennes.
- Les bandes subméridiennes Ouest et Est des formations suggariennes.

- Le synclinorium (ou graben-synclinal) d'In Zize, composé par les terrains du complexe pharusien.
- Les formations volcano-plutoniques du complexe des Taourirt.
- Les structures surimposées en graben et les nappes peu disloquées, formées par les terrains de la série pourprée.

4-1- Tectonique souple

Dans le mole de In ouzzal, reside des structures plissées de direction Nord-Est ou sublatitudinale, les structures prédominantes sont représentées par des plis anticlinaux ou synclinaux fortement serrés avec des plans axiaux, verticaux ou renversés vers le Nord-nord-ouest. Les plis relativement plats avec des flancs qui s'étalent sur une dizaine de kilomètres de largeur, sont rarement signalés.

L'étude structurale détaillée menée à 15 km au Sud-Ouest de l'Adrar In Filalene, montre qu'il s'agit d'un système de plis synclinaux et anticlinaux capricieusement conjugués et facilement identifiables. Ces plis sont affectés par des niveaux de quartzites ferrugineux facilement repérables sur les photos aériennes.

A l'extrême Sud-Est du territoire de la feuille d'In-Hihaou, les terrains métamorphiques et ultramétamorphiques de l'Archéen sont déformés en plis isoclinaux raides, avec une amplitude des flancs atteignant 4-6 km de largeur.

Au Nord-Est, on note un anticlinal étroit, de coordonnées 2°50'-3°00' de long. E et 23°10' -23°20' de lat. N ; cet anticlinal se raccorde à un pli synclinal déjeté vers l'Est, sa partie centrale est compliquée par un plissement transversal qui se dessine nettement par des niveaux de quartzites ferrugineux et de granulites basiques.

A l'Est de l'Adrar Nahalet, se distingue une série de plis anticlinaux et synclinaux rapprochés ; ces plis montent des flancs s'étalant sur une largeur de 4-6 km, avec des pendages subverticaux (60-65°).

Dans la région de l'Adrar Tihimatine, la morphologie de la structure plissée est moins claire et le soubassement est moins développé.

Toutes ces structures plissées sont compliquées par des plissements d'ordre supérieur. Selon leur genèse, on distingue des plis d'entraînement, des plis en chevrons et des plis-failles. Il s'agit de plis plats, raides, déversés, renversés et isoclinaux.

La schistosité (S0) est presque partout, conforme au rubanement des roches, sauf quelques zones subméridiennes affectées par une schistosité secondaire (S1), oblique par rapport à la schistosité ancienne (S0) (au Sud de l'Adrar Tin-Trinine).

Les formations sont déformées en plis linéaires étroits déversés vers l'Ouest. Il s'agit souvent des isoclinaux, de direction subméridienne. Ces plis sont dans l'ensemble parallèles à la structuration générale du bassin pharusien. Les roches sont affectées par une schistosité (S1) qui recoupe la schistosité ancienne, parallèle aux surfaces axiales des plis subméridiens surimposés.

Ainsi, il est donc admis que le caractère des structures du complexe Suggarien est polycyclique, traduisant :

- 1.** Mise en place de roches à schistosité et rubanement subhorizontaux, formant des plis plats de dimension variable.
- 2.** Surimposition sur ces structures des déformations subméridiennes du cycle Pharusien.

Le cycle kibarien s'exprime dans le plissement isoclinal qui affecte la série quartzitique de Tideridjaouine (R. Caby, 1970).

Bien que nous ayons trop peu d'information pour pouvoir distinguer les structures du cycle kibarien dans les formations archéennes et suggariennes, nous pouvons cependant affirmer que les structures plissées de la série de Tideridjaouine sont nettement plus anciennes que celles du cycle pharusien de la bande suggarienne orientale.

En ce qui concerne les structures du cycle pharusien, nous distinguerons les plis précoces relativement plats, On note également les plis plus tardifs fortement serrés (jusqu'à l'état de plis isoclinaux) qui s'expriment dans les structures plissées jalonnant la marge orientale du synclinorium d'In Zize. Ces plissements forment une bande atteignant 40 m de largeur.

Des terminaisons périclinales de plis primitivement plats sur lesquels se superpose une schistosité secondaire oblique, à pendage raide à l'Est, sont souvent constatées dans cette bande.

Selon R, Caby (1970), la mise en place des plis tardifs et des zones de schistosité secondaire serait liée à une étape de forte compression de la région, résultant de la subduction du craton Ouest-africain sous le môle d'In Ouzzal à la fin de l'orogénèse pharusienne. C'est à ce stade que se forment les autres éléments structuraux majeurs de la moitié occidentale du territoire de la feuille d'In Hihaou.

Il s'agit de la restructuration du Suggarien avec la mise en place de plis déjetés vers l'Ouest, la formation de zones de schistosité subméridiennes et de cisaillements subméridiens à caractère décrochant (R. Caby, 1970).

Le plus important décrochement est celui de l'accident Ouest-ouzzalien, qui est toujours actif.

L'évolution structurale de la région d'étude ainsi que la mise en place du complexe des Taourirts et de la série pourprée est marquée par des phénomènes de distension.

La structure la plus rigide de la région et celle du Môle d'In Ouzzal qui a été cisailée par des cassures ouvertes profondes à la faveur d'injection de

grandes masses magmatiques, avec mise en place des édifices plutono-volcaniques du complexe des Taourirts.

Dans la région d'In- Hihaou, cet édifice présente dans l'ensemble la forme d'une cuvette avec un pendage des roches volcaniques de 5° à 50°.

4-2- Tectonique cassante :

Les déformations affectant cette région, se traduisent par d'importants accidents cassants. Il s'agit essentiellement de décrochements subméridiens, signalés par R. Caby (1972), et dont le plus spectaculaire est le cisaillement Ouest-Ouzzalien (2°27' de long E). Cet accident est jalonné par de multiples intrusions, de différents dykes, d'un système d'accidents tectoniques secondaires obliques et de zones fissurées.

La tectonique cassante joue un rôle important, aussi bien dans la constitution de l'ensemble du territoire que dans sa métallogénie. La structure cassante la plus importante est celle du système de l'accident Ouest-Ouzzalien qui se compose de plusieurs fractures subparallèles de direction subméridienne. Les formations archéennes sont en contact direct avec les terrains du Protérozoïque inférieur et supérieur. Ce système de cassure est souligné par la présence de corps magmatiques acides, neutres (intermédiaires), basiques et ultrabasiques.

La fissuration des terrains est soulignée par la présence de filons de quartz de petites tailles, quelquefois porteurs de minéralisation polymétallique ou aurifère.

Les fractures d'ordre supérieur sont relativement fréquentes sur le territoire d'étude elles présentent diverses directions d'orientation.

Dans certains cas, les roches sont broyées, cataclasées et épidotitisées.

Parfois, elles ne sont pratiquement marquées par aucune altération des roches.

Les cisaillements se manifestent largement sur le territoire de l'étude. Ils sont marqués par une fissuration oblique secondaire et des décollements intraformationnels.

La tectonique mésozoïque est également présente dans la région de In Hihaou, les failles sont généralement orientées vers le Nord-Est et peuvent atteindre quelques centaines de kilomètres de longueur. Il s'agit de failles normales, dont l'âge a été déterminé sur le territoire de la feuille voisine de Tekhammalt (Denissenko & al, 1978).

C-Partie 3: Kef Egatalis-Bidon V

1- Stratigraphie :

La structure géologique de la région considérée est complexe et variée.

Les formations géologiques y sont représentées depuis l'Archéen au Crétacé, ce qui indique une évolution longue et complexe. Les formations du Protérozoïque supérieur et de l'Ordovicien-Dévonien, constituant environ 70% du territoire, sont les plus répandues. Les formations archéennes le sont beaucoup moins.

1-1-Archéen :

Complexe d'In Ouzzal :

Les formations archéennes sont peu répandues et ne sont cartographiées que dans la partie centrale et au SW de la feuille Tin Senasset. Dans la partie SW les formations archéennes affleurent sous forme d'une bande peu large (2-5Km) mais bien étendue (environ 35 Km) à orientation NW. Vers le Nord, elles sont recouvertes par des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien. Vers le SW, suivant la série d'accidents à orientation NW et sublatitudinales, elles viennent au contact avec les formations volcanosédimentaires de la série volcanique.

La superposition en discordance angulaire des volcanites acides sur les roches archéennes n'a été distinguée que dans la périphérie W de l'Adrar Taoudrart.

Dans la bordure des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien, les roches archéennes sont recoupées par deux petits massifs de granitoïdes de l'ensemble Tin Senasset. Dans la partie NW, elles sont injectées par des intrusions de gabbros et de granites de l'ensemble Tin Senasset. Au SE, elles sont surmontées par des porphyrites andésitodacitiques de la série volcanique. Le contact des roches archéennes avec des gneiss du Protérozoïque inférieur est tectonique. La composition des formations archéennes est plus ou moins homogène. Elles sont représentées par des enderbites rétro-morphosées (charnockites sodiques), des gneiss à pyroxène, avec de rares passées lenticulaires de quartzites à magnétite.

1-2- Protérozoïque (PR) :

Les formations protérozoïques sont largement répandues dans la région étudiée totalisant plus de 95% du territoire du socle plissé antépaléozoïque.

Suivant les données de la géochronologie, les formations protérozoïques sont divisées en deux unités : Protérozoïque inférieur et Protérozoïque supérieur. Quelques séries caractérisées par des traits communs de la structure et du métamorphisme sont distinguées dans chaque unité.

1-2-1- Protérozoïque inférieur (PR1) :

Les formations du Protérozoïque inférieur de la région étudiée ont été reconnues pour la première fois par R. Caby (1969) et groupées en série du Tassendjanet.

Les études effectuées avaient montré une extension plus large des formations du Protérozoïque inférieur et leur position a été déterminée dans la coupe stratigraphique générale de la région.

L'étude de la disposition des roches et des associations paragenétiques, du chimisme,

des particularités structuro-texturales, ont permis d'y distinguer les pararoches stratifiées et les granitoïdes d'origine ultramétamorphique. Sur la base de ces données. Les para-roches stratifiées et profondément métamorphisées, attribuées au Protérozoïque inférieur sont groupées en série d'Egatalis selon le nom de la feuille où sont observées de larges extensions et les coupes les plus complètes. L'ensemble du Tassendjanet est composé de granitoïdes d'origine ultramétamorphique.

1.1. a-Série d'Egatalis (PR1 *eg*) :

Les formations métamorphiques de la série d'Egatalis sont réparties à l'W et à l'E de la feuille Ouallen où elles sont intimement liées dans l'espace avec les grands massifs anciens de granitoïdes.

La limite inférieure de la série d'Egatalis n'est pas déterminée à l'exception du secteur situé dans la partie E de l'Adrar Taoudrart où les gneiss du Protérozoïque inférieur sont en contact tectonique avec les enderbites archéennes (feuille Tin Senasset).

La limite supérieure n'est reconnue avec certitude que dans la zone de l'Adrar Taoudrart où les roches de la série d'Egatalis sont surmontées en discordance angulaire par des quartzites, grès quartzitoïdes et grès conglomératiques de la série de l'Ahnet (partie inférieure de la coupe du Protérozoïque supérieur).

La série d'Egatalis est composée de gneiss variés (à biotite, à deux micas, à amphibole, à biotite-amphibole, à pyroxène (augite, diopside), à hornblende, parfois à grenat), de granito-gneiss, amphibolites à grenat, gabbro à amphibolite, schistes cristallins (à amphibole, à quartz et muscovite, à grenat-quartz-muscovite etc.) avec des niveaux continus de

quartzites (parfois de jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement de marbres.

Il convient de noter que la structure de la série considérée est très complexe. Malgré la complexité structurale et le degré d'affleurement des roches métamorphiques, deux ensembles ont été distingués :

-Ensemble inférieur (PR1 eg1) :

L'ensemble inférieur se caractérise par une composition variée de roches métamorphiques qui sont représentées par des gneiss à deux micas, à biotite, parfois des gneiss à grenat, des gneiss granitiques à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss à pyroxène (augite diopside) hornblende, des schistes cristallins à amphibole, à quartz- muscovite, à grenat-quartz- muscovite et autres, et des niveaux continus de quartzites (parfois jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement des marbres. Les roches sont intensément déformées et dessinent des plis en dômes, isoclinaux et linéaires. Le pendage de la schistosité varie largement de 30° à 90°.

-Ensemble supérieur (PR1 eg2) :

Les formations métamorphiques attribuées à l'ensemble supérieur se caractérisent par une monotonie des roches. Elles sont représentées par des amphibolites, des amphibolites à grenat et parfois des amphibolites gabbroïques, des plagiogneiss à amphibole parfois intensément migmatisés, en quantité très subordonnée, des plagiogneiss à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss granitiques, des quartzites et des marbres.

Les roches sont également intensément déformées et dessinent des plis surtout sur la feuille Tin Senasset. Les coupes les plus complètes de l'ensemble considéré se trouvent sur les feuilles Egatalis et Tin Senasset.

1-2-2- Protérozoïque supérieur (PRZ) :**1.2. a- Série de l'Ahnnet (PRZ ah) :**

Les formations de la série de l'Ahnnet sont largement répandues et constituent les plus grands reliefs.

La limite inférieure de la série n'a été établie que dans la région de l'Adrar Taoudrart (feuille Tin Senasset) où on observe une discordance angulaire par endroits avec des conglomérats à la base des formations considérées, sur les surfaces altérées des roches métamorphiques du Protérozoïque inférieur.

Au NE de l'Adrar Tin Zebbane el Beida (feuille bidon V), les schistes quartzeux de la série de l'Ahnnet sont en contact tectonique (faille) avec des roches métamorphiques du Protérozoïque inférieur.

En ce qui concerne la limite supérieure, elle est dans la plupart des cas tectonique et ce n'est que dans la partie E de la feuille Tin Senasset, dans les contreforts de l'Adrar Ahnet qu'on a constaté la superposition en discordance angulaire des calcaires de la série à stromatolithes sur les grès quartzoïdes de la série de l'Ahnnet. On y observe un cortège d'accidents cassants offrant une orientation NW et NE compliquant les relations entre les séries ainsi que le plissement complexe des roches jusqu'à leur renversement. Dans la région de l'Adrar Ougda (la partie orientale de la feuille Ouallen) les dépôts de la série forment un anticlinal pincé entre les failles.

1.2. b - Série à Stromatolithes (PR2 st) :

Les dépôts de la série à stromatolithes ont été cités dans la région considérée en 1952 par M. Lelubre, et décrits ultérieurement par Fabre, Freulon, 1962; Caby, 1967, 1983, Bertrand-Sarfati, 1969 et d'autres.

Les dépôts de la série sont largement répandus au N du territoire considéré (5-7% du territoire des feuilles Ouallen et Tin Senasset) ainsi qu'au NE de la feuille Egatalis.

Les dépôts de la série à stromatolithes reposent sur les grès quartzitoïdes de la série de l'Ahnnet (dans le sillon de l'Ahnnet, dans la région de l'Ahnnet et dans la région de l'Adrar Ougda).

La limite supérieure de la série a été reconnue dans quelques points d'observation sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les grès, argilites et calcaires de la série à stromatolithes viennent reposer en discordance angulaire les laves et clastolaves de trachyandésites et de porphyres et tuffo-conglomérats de roches sous-jacentes.

La série à stromatolithes est représentée par des roches carbonato-terrigènes.

Elle est plus ou moins continue selon la composition lithologique de la coupe dans toute la région d'extension.

1.2. c- Série volcano-terrigène :

Les formations attribuées à la série volcano-terrigène ont été distinguées pour la première fois en Ahaggar occidental par R. Caby (1970).

Les formations de la série volcano-terrigène sont largement répandues dans la région étudiée. Elles forment deux sillons relativement grands, orientés NW et NS à l'W et l'E des feuilles Ouallen et Tin Senasset.

La limite inférieure de la série a été fixée en quelques points de la région considérée. A l'Est des feuilles Ouallen et Tin Senasset, les laves et les clastolaves des trachyandésites et des porphyres liparitiques reposent en discordance sur les grès quartzeux de la série à stromatolithes. La limite supérieure de la série n'a été identifiée avec certitude qu'en deux points : Au NE de la feuille Egatalis, les porphyrites andésitiques sont recouvertes par des conglomérats de l'ensemble inférieur de la série du Tagengan't.

Lithologiquement et suivant la position dans la coupe, la série considérée est divisée en quatre formations : basalto-andésitique, dacito-liparitique, de greywackes et terrigènes.

Formation basalto-andésitique (PR2 tv1) :

L'épaisseur de la formation basalto-andésitique varie suivant les feuilles : Tin- Senasset (1500-4110m), Ouallen (1300-1500m) et Egatalis (2000-2500m).

Formation dacito-liparitique (PR2 tv2) :

La formation dacito-liparitique varie suivant les feuilles : Tin Senasset (1230m), Ouallen (400m) et Egatalis (700m)

Formation de Greywackes (Pr2 tv3) :

L'épaisseur de la formation à greywackes est de 4100 m sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset, de 2000-2500 m sur Egatalis et 800 m sur Bidon V.

Formation terrigène (PR2 tv4) :

L'âge Protérozoïque supérieur de la série volcano-terrigenne est fixé par sa position stratigraphique entre les dépôts de la série à stromatolithes et les roches de la série du Tagengan't. D'après R. Caby et J.M. Bertrand (1977) la mise en place des formations volcano-greywackeuses a eu lieu entre 800 et 650 Ma ce qui correspond au Protérozoïque supérieur.

1.2. d- Série du Tagengan't (PRZ tg) :

La différenciation lithologique, la gamme des couleurs caractéristiques des roches et la disponibilité de niveaux repères nets ont permis de subdiviser la série de Tagengan't en trois ensembles : rouge inférieur, vert moyen et bigarré supérieur.

1-3- Paléozoïque (C).

Les dépôts paléozoïques sont largement répandus au Nord et partiellement au Sud des feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les feuilles Egatalis et Bidon V ces dépôts ne se rencontrent qu'en bandes subméridiennes. Parmi les dépôts paléozoïques de la région étudiée, ont été distinguées les roches terrigènes et terrigéno-carbonatées qui sont attribuées aux formations cambriennes, ordoviciennes, siluriennes et dévoniennes.

1-3-1- Cambrien inférieur (Epr) :**Série pourprée:**

Les dépôts de la série pourprée sont attribués au Cambrien, mais son volume stratigraphique est fortement réduit (T. Monod, 1931, 1933 ; Caby et al, 1977). Une partie de la série est distinguée en tant que série autonome (voir la série sous-jacente du Tagengan't) et attribuée au Protérozoïque supérieur. Elle contient du matériel pyroclastique en association avec des passées de calcaires, de marnes, de siltstones siliceux, avec des corps subvolcaniques peu épais et des dykes de corps effusifs acides.

La limite inférieure de la série pourprée est assez nette car les dépôts de base sont transgressifs et nettement discordants (discordance angulaire) sur les formations sous-jacentes depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

Une croûte altérée de kaolinite peu marquée est observée au sommet de la coupe de la série pourprée sur le gradin des Tassili inférieurs.

La série pourprée est représentée par une épaisse formation de grès fins polymictiques rouge-brunâtres et brun-rouges contenant des passées des mêmes grès mais plus grossiers, des gravélites et des conglomérats. Le matériel détritique grossier des conglomérats est mal classé et composé de débris anguleux de différentes familles de roches.

1-3-2- Ordovicien (O) :

Les affleurements des roches ordoviciennes forment une bande sublatitudinale de relief en cuestas (palier des Tassili internes) dont les dimensions atteignent 10-20 km de long sur plusieurs km de large.

1.3.2. a- Ordovicien inférieur (O1) :**-Formation des Ajers (O *aj*) :**

Les affleurements coïncident avec l'escarpement des Tassili internes en formant une bande plus ou moins étroite (50-100 m) parfois s'élargissant.

Les roches de la formation reposent en transgression et en discordance angulaire sur les roches du substratum dont l'âge varie depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur. La formation des Ajers est composée de grès quartzeux grossiers, blanc-jaunâtre à stratification oblique et de conglomérats détritiques fins, de gravélites et de poudingues, dans la partie inférieure de la coupe.

1.3.2. b- Ordovicien inférieur et moyen (O1-2) :**-Formation d'InTahouite (O *it*):**

La formation d'In Tahouite est représentée par des grès fins, feldspatho-quartzifères, blanc grisâtres, à Tigillites, à texture finement parallèle, alternant vers le sommet de la coupe avec des grès blanc grisâtre quartzeux, moyens, en plaquettes (grès quartzitoïdes).

1.3.2. c-Ordovicien supérieur (O3)**-Formation de Tamadjert (O3 *tm*) :**

Les dépôts de la formation de Tamadjert sont représentés par des grès puissants, massifs, gris-jaunâtres, quartzeux, hétérométriques, parmi lesquels on voit prédominer les grès grossiers à très grossiers mal classés. Dans la partie inférieure de la coupe de cette formation sont observées des passées de gravier représenté par du quartz et par les grès sous-jacents

(siltstones). Ces derniers sont altérés et partiellement ou complètement lessivés. Le niveau de base est représenté par des blocs grossiers isolés (5-7 cm de diamètre) et des grès quartzeux blancs, fins à moyens, de la formation sous-jacente. L'épaisseur totale de la formation est de 180 m.

1-3-3- Silurien (S) :

-Formation de l'Imirhou (S *im*) :

La formation est composée d'argilites grises, gris-bleuâtre et gris-verdâtre, à stratification fine, massives, contenant dans la partie supérieure et moyenne de la coupe des passées de siltstones gris clair et gris verdâtre et de grès ou plus rarement, des passées fines de marnes et de calcaires argileux. Les argilites sont colorées souvent en rouge violacé par des hydroxydes de fer, surtout suivant les fissures et les contacts des passées sableuses. Les argilites livrent une faune riche en Graptolithes à prédominance de *Monograptus*.

1-3-4- Dévonien (D) :

1.3.4. a- Dévonien inférieur :

Il est subdivisé en trois étages :

1.3.4.a.1-Gédinnien :

Il est représenté par des dépôts de la formation de l'Assedjrad qui est subdivisée en deux membres :

a) Formation de l'Assedjrad :

- Membre inférieur (D1 *as1*) :

Il est composé de grès fins gris verdâtres, de grès argileux gris verdâtres à violacés et de siltstones (30 - 40 m). Le niveau inférieur des grès contient des Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites, et des terriers fréquents de

Limnivores. Au toit de ce niveau on observe des petits trous de Limnivores nommés également Tigillites (Biju-Duval et al, 1968). L'épaisseur du membre inférieur est de 24,5 m.

b) Formation de l'Assedjrad :

- *Membre supérieur (D1 as2) :*

Les dépôts du membre supérieur sont répandus au Nord du territoire sur les plateaux de l'Assedjrad, Tassedjefit et Tarit. La bande d'affleurements de ces roches large de 1 à 13 km est répandue le long du palier des Tassili externes. La limite inférieure du membre est concordante et sans traces de ravinement. Elle correspond au contact lithologique net entre les grès et les argilites et siltstones argileux contenant des restes mal conservés de Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites et poissons.

Le membre supérieur est représenté par une alternance fréquente des grès gris clairs et gris jaunâtres, fins, feldspatho-quartzeux, finement lités et des grès argileux gris violacés, des siltstones et des argilites gris violacés à stratification fine.

1.3.4.a.2- Siegénien :

Formation de l'Oued Samène (D1 sm) :

Les roches de la formation de l'Oued Samène sont représentées en général par des grès violets à gris clair, fins contenant des passées de grès argileux, de siltstones et de grès grossiers à galets de siltstones. Les parties inférieures plus fines des niveaux sableux sont le plus souvent ferrugineuses et colorées en rouge brunâtre. Les fossiles sont peu nombreux et ce n'est qu'en partie inférieure (10 m) qu'on signale les spirophytons. D'après les cartes géologiques (SONATRACH, 1972) les roches de la formation de l'Oued Samène sont attribuées au Siegénien (Dévonien inférieur). L'épaisseur totale du membre est de 67 m.

1.3.4.a.3- Emsien (D1 em)

Les dépôts emsiens sont représentés par des grès quartzeux, fins, blancs jaunâtres, roses et gris-violetes contenant des passées (5-10m) de grès argileux, de siltstones ou de grès grossiers. On observe 3-4 niveaux de grès contenant des graviers et des petits galets de siltstones.

1.3.4 .b- Dévonien moyen (D2)

Le Dévonien moyen est subdivisé en deux étages (Eifelien et Givétien) :

1.3.4.b.1- Eifelien (D2 ef) :

Les dépôts eifeliens sont répandus dans la partie centrale du synclinal de l'Assedjrad (40 km²) et dans la région de l'Erg Tassedjefit (1800 km²). stratification très fine, à passées de calcaires argileux gris-bleuâtres, fins à moyens. Dans les argilites, on a rencontré des passées peu épaisses (jusqu'à 5 cm) d'argiles blanches (Kaolinite?) et des galets aplatis arrondis et de petits blocs (de 0,2 à 1,0 m de diamètre) de siltstones gris foncé, grossiers, carbonatés (ou de calcaires silteux). L'abondance des Brachiopodes *Paraspirifer cultrijugatus* dans les roches de l'Eifelien servait de base à la détermination de son âge (Aliev et al, 1971). L'épaisseur de l'étage est de 40 m.

1.3.4.b.2- Givétien (D2 gv) :

Les dépôts du Givétien sont limités et forment une bande étroite d'affleurements large de quelques centaines de mètres. Dans la région du synclinal de l'Assedjrad (feuille Ouallen) les dépôts du Givétien sont représentés par des niveaux alternant de calcaires dolomitiques fins à grossiers gris à bleuâtres à stratification fine, des grès argileux fins à moyens gris verdâtres et des siltstones grossiers gris. En outre, on y signale de rares passées d'argilites bariolées, bleu à cerise. Dans la coupe prédominent les calcaires contenant de petits brachiopodes. L'épaisseur totale des roches du Givétien est de 50 m environ.

1.3.4. c- Dévonien Supérieur (D3) :

Le Dévonien supérieur est divisé en deux étages : Frasnien et Famennien

(Aliev et al. 1971).

1.3.4.c.1- Frasnien (D3 *fr*)

Les dépôts de cet étage sont composés d'argilites rouge-cerise à gris-bleuâtre à stratification très fine contenant de minces lits de siltstones argileux, parmi lesquels on rencontre des passées peu épaisses de calcaires argileux brun foncé à gris foncé. La limite inférieure de l'étage a été marquée d'après l'apparition des brachiopodes *Cyrtospirifer verneuili*. Malheureusement, les fossiles n'ont pas été déterminés dans le présent rapport.

1.3.4.c.2- Famennien (D3 *fm*) :

Les roches du Famennien sont représentées par des argilites bariolées et gris foncé à stratification très fine alternant avec de minces lits de siltstones grossiers et de grès fins.

1-4- Mésozoïque

Dans la région étudiée le Mésozoïque est représenté par des dépôts du Crétacé Supérieur.

1.4.1- Crétacé Supérieur (K2) :

Les dépôts du Crétacé supérieur ont une extension limitée. On distingue, dans ces dépôts, deux ensembles : un ensemble terrigène inférieur et un ensemble carbonaté supérieur.

1.4.1. a- Ensemble terrigène inférieur (K2-1)

Les dépôts de l'ensemble terrigène inférieur reposent en discordance angulaire et stratigraphique sur les grès du Protérozoïque supérieur de la série de l'Ahnet.

Cet ensemble est représenté par des grès feldspatho-quartzifères et quartzeux à passées de grès calcaires gréseux, de gravélites et de conglomérats à débris fins. La partie inférieure de la coupe de cet ensemble est composée de conglomérats finement détritiques à petits galets et graviers de roches sous-jacentes (grès et quartzites) à passées de grès calcaires à grain moyens et de calcaires gréseux brun-mauves. La partie supérieure de la coupe est représentée par des grès feldspathoquartzifères et quartzeux, blanc jaunâtre, blanc ocré et brun, à grains fins à moyens, grossièrement et finement lités parfois à stratification oblique. Les grès quartzeux sur la feuille Egatalis sont plus compacts et par endroits ils sont affectés de mouvements tectoniques plus tardifs marqués par des structures cataclastiques.

1.4.1.b- Ensemble carbonaté supérieur (K 2-2) :

Lithologiquement, l'ensemble est représenté généralement par des calcaires cryptocristallins fins avec un nombre subordonné de calcaires argileux et de marnes à passées de silex et de gypse. L'ensemble a une structure cyclique. La coupe de l'ensemble comporte 4-5 cycles épais de 5 à 30 m. L'épaisseur des dépôts de l'ensemble carbonaté supérieur est de 60m environ. Les dépôts décrits sont attribués au Crétacé supérieur d'après les données d'études précédentes (Lelubre, 1961).

1-5- Quaternaire (Q) :

Les dépôts du Quaternaire sont couvrent de façon continue la partie marginale de la dépression de Tanezrouft. Les dépôts quaternaires de la dépression de Tanezrouft sont mal étudiés c'est pourquoi ni l'âge ni la genèse de ces dépôts ne peuvent être déterminés en détail. Les dépôts quaternaires du territoire étudié sont divisés en dépôts quaternaires récents-actuels et en actuels.

1.5.1- Quaternaire-Actuel - Dépôts fluvio-torrentiels des oueds -(Q-IV) :

Les formations de cet âge sont génétiquement hétérogènes et représentées par des dépôts de la première terrasse de grands oueds et des cônes de déjection et d'épandage diluvio-torrentiel. Les reliques de la première Terrasse alluviale, ont été caractérisées, de bas en haut:

- Poudingues à galets variés et à gros blocs de quartzites faiblement cimentés.
- Limon clair brun jaunâtre, terre noire fossilisée, limons analogues à la couche précédente, galets et gros blocs.

1.5.2-Quaternaire-actuel - Dépôts indifférenciés de pentes et torrents-(QIV) !

Les dépôts actuels sont représentés par les types génétiques suivants:

- Alluvions
- Dépôts torrentiels
- Dépôts lacustres
- Dépôts éoliens

2- MAGMATISME

Les formations intrusives sont largement répandues dans ces régions, on y distingue :

- a) Les intrusions du Protérozoïque inférieur et celles du Protérozoïque supérieur ;
- b) La série de dykes du Paléozoïque.

2-1- Les intrusions du Protérozoïque inférieur :

Les intrusions du Protérozoïque inférieur comprennent :

- Des Petits Corps
- Des Dykes D'ultramafites Complètement serpentinisées,
- Des Gabbroïdes Métamorphisés, Ainsi que Le Complexe De granitoïdes ultramétamorphiques de Tassendjanet.

2-1-1- Les ultramafites : se rencontrent localement parmi les roches métamorphiques de la série d'Egatalis et parmi les granitoïdes ultramétamorphiques du complexe Tassendjanet au sud-est, sud-sud-est et Nord-Ouest des feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis ,comprend des dykes de 100-200m x 10-50 m à 3,2 x 0,5-1,5 Km qui sont associés aux zones de dislocation disjonctive et de fissuration élevée.

Les roches ultramafiques du Protérozoïque inférieur sont représentées par des serpentinitesapopéridotitiques, plus rarement, apodunitiques et apopyroxénitiques. Dans les zones de failles ou à proximité immédiate de ces dernières, les serpentinites sont parfois transformées en métasomatites qui se manifestent par des veinules fines (10- 20 cm) orientées suivant la direction des failles.

Les veinules ont une composition proche des hornblendites. Localement, les serpentinites montrent une minéralisation pauvre en amphibole.

2-1-2- Les gabbroïdes (γ PR1) Ils forment une série de petits corps lenticulaires étirés et rapprochés, en bancs et en dykes, qui intercalent les roches métamorphiques de la série d'Egatalis. Ce sont des roches particulières, essentiellement à hornblende et plagioclase, gris clair, gris à gris foncé, à teinte bleuâtre, finement et grossièrement grenues. Elles montrent une structure gneissique nettement prononcée et une texture à rubans fins et grossiers, parfois tachetée.

Le complexe du Tassendjanet renferme des granites gneissiques, des plagiogranites et des diorites. Dans la région d'étude, les granitoïdes ultramétamorphiques forment un seul étage, avec des formations gneisso-amphibolitiques de la série d'Egatalis.

Deux groupes de granitoïdes ultramétamorphiques se distinguent selon leur composition:

- ceux de la famille des diorites-granodiorites-granites et
- ceux de la famille des plagiogranites-granites où chaque groupe forme ces massifs.

Les granitoïdes forment des grands massifs autochtones étirés et en dômes, ce sont, en grande partie, des migmatites-plutons situés dans les noyaux de structures anticlinales de l'encaissant. Les granodiorites, les plagiogranites forment une série de massifs de différentes formes et dimensions sur les feuilles Tin Senasset et Bidon V.

Le plus important massif se nomme Taoudrart. Il a une forme ovale, sa longueur est de 18 Km environ, sa largeur est de près de 13 Km dans la partie Nord, de 9 Km dans la partie centrale et de 6 Km dans la partie Sud. Sa superficie est de plus de 160 Km². Sa partie Nord, est surmontée par les grès quartzites de la série de l'Ahnnet.

Dans la partie Ouest de ce massif, il est en contact normal avec des gneiss de la série d'Egatalis. Au Nord-Est, il est encore en contact avec ces gneiss, alors qu'au Nord-Ouest le contact de ce massif avec des volcanites de la série volcano-terrigène est dissimulé par les formations du Quaternaire.

Vers le Sud, le massif est en dehors de la région à étudier. D'après sa composition, le massif est hétérogène, ce qui est dû partout aux processus de granitisation. A l'Ouest, le massif est constitué essentiellement de diorites grises à grain moyen à grossier.

La partie Est du massif est formée par des plagiogranites et granodiorites grises claires à grains moyens. Les contacts du massif avec les gneiss encaissants sont assez nets. En règle générale, la linéation gneissique et parfois, le rubanement, sont le plus nettement prononcés dans les parties périphériques du massif.

Les roches du massif sont partout granitisées d'une manière variable. La granitisation se manifeste par la présence de migmatites à taches sombres.

Les roches ont subi une forte diaphorèse donnant naissance à l'association de minéraux de basse température (séricite, saussurite, chlorite etc.), résultats de métamorphisme progressif.

La diaphorèse y est fortement manifestée. Sur la feuille Bidon V, en bordure ouest de l'Adrar Tin Zebbane El Beïda,

Les roches analogues constituent deux massifs qui diffèrent l'un de l'autre par la forme et la dimension :

Le massif Ouest à 14 km de longueur, 3 km de largeur dans la partie sud et de 0,5 à 1,5 km dans la partie Nord. Il a une forme lenticulaire étirée de direction NNE avec des contacts normaux avec les gneiss de la série d'Egatalis. Sa partie nord est recoupée par des granites du Protérozoïque supérieur.

2-2- Intrusions du Protérozoïque supérieur

Ces termes sont largement développés dans les limites du territoire étudié, surtout sur les feuilles Tin Senasset et Egatalis. On les range dans deux complexes autonomes, Ouallen et Tin Senasset, dans lesquels on distingue 3 à 5 phases de mise en place.

2-2-1- Complexe Ouallen (à gabbro-tonalite-syénite)

2.2.1. a- Phase I (γ PR2 ou) : représentée par les gabbros et les gabbro-diorites. Ce sont des roches à amphibole de type kaersutite. Les gabbroïdes constituent la série de filons-couches raides (50 à 500m d'épaisseur apparente) encaissés dans les gneiss environnants. Les contacts des gabbros avec les gneiss sont intrusifs avec des cornéennes de contact.

2.2.1.b- Phase II (δ 2 PR2 ou) représentée par les tonalites et les diorites quartzifères qui forment la partie centrale (noyau) du massif

auxquelles sont graduellement liées les syénodiorites quartzifères, les syénites quartzifères, les monzodiorites et les monzonites quartzifères qui se localisent essentiellement sur sa périphérie en constituant un ruban arqué large de 400-500 m à 2Km.

Phase (§1 PR2 ou) représentée par les syénites et les syénites alcalines qui forment un massif autonome au SW de la feuille Ouallen et un gros corps en dykes au Nord de l'Adrar In-Semmen (NE de la feuille Ouallen).

Dans le massif Atoram (ou Atarem), les roches de la phase constituent les grands dykes. Situé parmi les roches métamorphiques de la série Egatalis et les granites ultramétamorphiques du massif Adanat (complexe Tassendjanet).

II-2-2- Complexe Tin Senasset

Ces formations sont largement répandues et représentent une association de roches variées, depuis les gabbros jusqu'aux granites. Elles forment des massifs plus ou moins petits de type hypabyssal qui, dans la plupart des cas, sont spatialement associés à des sillons avec le développement intense du volcanisme ou situés à proximité immédiate de celui-ci, ce qui témoigne de l'association de tous les deux à des zones tectonisées de faibles failles. Le complexe est subdivisé en 5 phases intrusives :

2.2.2.a- Phase I (§1 PR2 ts) :

Caractérisée par la mise en place des gabbros, gabbros-diorites et diorites sous forme de petits massifs observés partout, mais surtout répandus sur les feuilles Egatalis et Tin Senasset.

Au SW de la structure, certains de ces massifs sont affectés par des accidents cassants dérivés orientés NE et NW, à l'exception des sills et des dykes de gabbrosdiabases au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen, offrant une orientation sublatitudinale, concordante avec la structure des roches encaissantes de la série à stromatolithes.

A l'Est de la feuille Egatalis, la plupart des massifs de gabbros et de diorites sont localisés le long d'une bande de roches volcaniques et sont affectés par des failles NE.

Au NE de la feuille Bidon V, on observe deux petits massifs de gabbros et une série de corps étendus en forme de dykes affectés par des failles régionales d'orientation subméridienne et NW.

Les massifs de gabbros et de diorites sont surmontés par les volcanites de la formation dacito-liparitique dans la région de l'Adrar Taoudrart et recouverts en discordance par des dépôts de la formation de greywackes.

Au sud de la feuille Egatalis, la partie centrale du massif est constituée de pyroxéniteserpentinisées et les parties marginales, de gabbros. Dans certains massifs situés au NE de la même feuille, les mêmes pyroxénites, souvent intensément serpentinisées, forment parmi les gabbros des ségrégations irrégulières.

Le style tectonique de la région se caractérise par une complexité structurale induite par le champ de failles de sens varié qui avait conditionné un large développement des structures cataclastiques et blastomylonitiques.

2.2.2.b- Phase II (γ_2 PR2 ts) a cette phase sont attribuées les granodiorites, plagiogranites et granites (adamellites) qui sont surtout largement répandues au NE et SW des feuilles Egatalis et Tin Senasset.

Elles forment des massifs irréguliers plus rarement isométriques (de 30 à 70km²). En outre, elles constituent un corps en lanière au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen qui est associé à la zone des failles régionales d'orientation NW et suivi avec interruption sur 35-40km, sa largeur étant de 0,5-0,7 km.

Les massifs de granodiorites, plagiogranites et granites se trouvent généralement parmi les formations de la série à stromatolithes et celle volcano-terrigène et ont des contacts intrusifs.

Les plagiogranites grossiers à moyens, parfois intensément cataclasés, sont composés d'oligoclase (35-50%), quartz (25-30%), microcline-perthite (5%), biotite (15%) et hornblende (10%). Les minéraux néoformés sont représentés par la chlorite, épidote, séricite, leucoxène et albite. Les minéraux accessoires sont : apatite, sphène, magnétite (parfois jusqu'à 5%).

43 Les granites moyens à biotite, rarement à amphibole-biotite, sont constitués de plagioclase albite - oligoclase (30 - 45%), de feldspath potassique-(30-35%), de quartz-(25-30%), biotite-(5-10%), plus rarement hornblende (3-5%). Les minéraux accessoires sont: apatite, sphène, zircon, magnétite.

La série filonienne des massifs est représentée par des dykes de plagiogranites et de granitoporphyles qui se trouvent en abondance dans les massifs de gabbros à l'Est de la feuille Egatalis. L'orientation dominante des corps de dykes est NW. L'épaisseur de ceux-ci est de 1 à 3 m. L'extension est de quelques dizaines de mètres.

2.2.2.c- Phase (γ_3 PR2 ts) :

Constitue 20 massifs petits et moyens. Ils sont répartis dans la région d'une manière irrégulière. Parmi ces 20 massifs granitiques, (13) sont situés sur la feuille Tin- Senasset, (03) sur la feuille Bidon V, (02) sur la feuille Egatalis et (02) sur la feuille Ouallen. Dans les limites de la feuille Tin Senasset, la plupart des massifs sont associés à des sillons (remplis de dépôts volcaniques) ou sont peu distants de ceux-ci. Les granites de la troisième et quatrième phase sont pauvres en minéraux accessoires.

Dans les granites de la troisième phase l'apatite est présente en quantité minimale et dans les granites à alaskite elle est pratiquement absente.

Dans les limites de la feuille Egatalis on a cartographié deux massifs de granites dans la partie centrale et sud et une série de petits corps en amas. En outre, d'après les données géophysiques on a distingué dans la

partie occidentale (recouverts par les dépôts) 9 massifs de granites variés d'après leur forme et dimension. Ils seraient attribués à la troisième phase.

Le massif le plus grand ($\approx 100\text{km}^2$) est situé dans la partie sud de la feuille, plus au Nord de l'Ouest In Zize. Il est associé à la jonction de failles de direction NW et NE et offre une forme ovale légèrement étirée.

Le massif est composé de granites porphyroïdes moyens à grossiers.

Trois massifs granitiques (Nord, central et sud) ont été cartographiés sur le territoire de la feuille Bidon V. Selon les données géophysiques on a distingué dans la partie occidentale de la feuille, une série de petits et moyens massifs dont la composition correspondrait à des granites de la phase considérée.

2.2.2.d- Phase IV (γ_4 PR2 ts) :

Représentées par un massif moyen situé sur le territoire de la feuille Egatalis et deux petits massifs, à l'W et au centre des feuilles Ouallen et Tin Senasset respectivement.

Le massif de granites leucocrates à alaskite situé au NE de la feuille Egatalis est le plus connu puisqu'il est lié à une minéralisation à étain-wolfram, polymétaux et fluorine. La superficie du massif est de près de 100km^2 . Il montre une forme parallélépipédique irrégulière étirée vers le NW. Les contacts du massif avec les roches encaissantes sont dans la plupart des cas tectoniques et ce n'est qu'en partie NW qu'on observe un contact intrusif. Aux épontes des flancs, les granites contiennent de nombreux xénolites de roches encaissantes altérées.

Le massif est composé en général de granites moyens, les granites à biotite fins étant son faciès marginal. Ces roches se caractérisent par la prédominance du feldspath potassique

Dans son ensemble le massif est nettement contrôlé par les failles NW. Sa superficie ne dépasse pas 20km^2 .

Le massif est constitué de granites moyens leucocrates à alaskite. Les granites injectent à l'W le gabbro de la première phase et à l'E, sont surmontés par les dépôts de l'Ordovicien inférieur.

Le minéral noir est représenté par la biotite dont la teneur ne dépasse pas 3-5%. Dans son ensemble, le massif est également subordonné à la faille NW.

Les granites de la troisième et quatrième phase, dans la plupart des cas se manifestent assez bien dans les champs géophysiques, tandis que certains massifs qui ne sont que partiellement recouverts par une couverture peu épaisse de dépôts meubles du Quaternaire, sont mal prononcés sur les cartes aéroradiométriques. Dans l'ensemble, les granites se caractérisent par un champ magnétique faiblement mosaïqué à amplitude de 30-50 gammas et de fortes valeurs de la radioactivité dépassant 500-550 cps. D'après la teneur en microéléments, ils diffèrent des granitoïdes anciens seulement par des valeurs élevées en étain. La série filonienne des granites considérés est très largement répandue et représentée par des granites hétérogènes, plus souvent fins, des granites porphyres, des granosyérites, des granophyres, des rhyoporphyles, des pegmatites etc.

2.2.2.e- Phase V (γ_5 PR2 ts) :

Où sont attribués de petits massifs en amas et en forme étirée dont la superficie varie de quelques mètres à 1-4 km². Ils sont répandus sporadiquement sur le territoire des feuilles Tin Senasset (partie centrale), Egatalis (partie NE) et Ouallen (partie SW). Les massifs sont composés de granophyres fins plus rarement moyens. Le plus grand massif (4 km²) est marqué dans la bordure SW de la feuille Ouallen. Il est associé à la faille NW.

3- MINERAUX UTILES :

Sur le territoire de la région étudiée, il a été mis en évidence de nombreux indices et points de minéralisation de cuivre et d'or, un indice important de minéralisation étain wolfram polymétallique et un certain nombre d'anomalies géochimiques de cuivre, zinc, plomb, étain, wolfram, or, argent, scandium, métaux rares (béryllium, niobium, lithium, zirconium) et terres rares (yttrium, ytterbium, lanthane, cérium et germanium).

3-1- Minéraux utiles métalliques

.1.1- Cuivre

La genèse du cuivre de ces régions est d'origine sédimentaire et hydrothermale sédimentaire. Les études géochimiques ont montré que les terres rouges contiennent de 4 à 15g/t de cuivre, parfois jusqu'à 50g/t. Dans les niveaux inférieurs de teinte verte, la teneur s'élève jusqu'à 50g/t et plus, ensuite, elle retombe jusqu'à 15g/t. Les teneurs élevées sont enregistrées dans la zone de changement des couleurs des grès gris et bruns. La teneur moyenne en cuivre dans les sédiments grés-schisteux est égale à 23g/t, c'est-à-dire 20 fois plus élevée que les teneurs moyennes dans les grès, mais deux fois plus faibles que celles dans les schistes (Beans, 1975). Les résultats d'analyses ont montré que les auréoles géochimiques de dispersion du cuivre sont étendues vers le NW (330°-340°) et leur orientation coïncide avec le plan structural général de la zone.

.1.2-Or

L'or est classé en deuxième position après le cuivre parmi les minéraux utiles. Tous les indices (7 indices), les points de minéralisation (9 points) et les anomalies géochimiques (27 anomalies) peuvent être réunis dans deux groupes génétiques :

a) Groupe renfermant les conglomérats de base de l'Ordovicien inférieur qui se situent principalement sur la feuille Tin Senasset, formant 3 groupes : groupe Ouest (Adrar d'Edikel), groupe Central (Oued d'In Asakakh); groupe

Est (zone de Foum El Agbet) et un seul point de minéralisation se situe sur la feuille Ouallen (Nord de l'Adrar d'In-Semmen).

La teneur en Or dans les conglomérats est assez irrégulière et varie dans de larges limites : De 0,1 à 3-5g/t d'après l'analyse auro-spectrométrique; De 0,1-0,9 g/t à 1,4-10g/t d'après l'analyse docimastique (dans les échantillons prélevés au marteau et par saignée) De 1-15 à 40-70 points d'or d'après l'analyse minéralogique. Au total, 6 points minéralisés et 19 anomalies géochimiques en or ont été décelés. Une grande quantité de points minéralisés et d'anomalies géochimiques se concentre sur la bordure Nord et ouest du massif gabbro-tonalitique d'Ataram (sud-est de la feuille Ouallen). C'est là que se trouve le champ quartzeux le plus important d'allure filonienne. L'épaisseur des filons varie de 2-3m jusqu'à 6-7m pour une longueur de 100m. Les filons sont formés de quartz leucocrate gris, de structure cryptocristalline et d'aspect fissuré, parfois coloré en teinte rosé marron due à la ferruginisation.

Les analyses aurospectrométriques ont décelé 0,02 à 0,2g/t d'or. Au Sud-Ouest de la feuille Tin Senasset, une anomalie géochimique est notée au voisinage du périmètre à potentialité cuprifère se trouvant dans la zone d'accident NW. Encaissés dans les porphyrites andésitiques fluidales, les filons quartzeux ont donné des teneurs égales à 3 - 8g/t.

.1.3- Argent :

Des teneurs élevées en Ag se relèvent constamment dans les indices minéralisés, points de minéralisation et anomalies géochimiques en cuivre de type de grès cuivreux et de type hydrothermal dans les 51 feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis, dans les filons quartzeux et les roches affectées de transformations métasomatiques associés au cuivre, à l'or et à d'autres éléments dans les feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis. La teneur en Ag, dans les roches ayant subi une altération hydrothermale, est de l'ordre de 100g/t à l'Est de la feuille Egatalis. L'ensemble carbonaté du Crétacé supérieur renferme une anomalie géochimique qui a donné des teneurs de 1,5 – 3,0g/t en Ag au NE de la feuille Bidon V.

.1.4- Etain et Wolfram :

Les plus fortes teneurs en étain-wolfram sont liées aux granites de la quatrième phase du complexe Tin Senasset sur le territoire de la feuille Egatalis. Située à la marge NE de la feuille Egatalis, la partie marginale d'une vaste dépression intracratonique formée par les dépôts volcanosédimentaires du Protérozoïque supérieur renferme les plus importantes teneurs en Sn-W.

.1.5- Nickel et Cobalt :

Seule une anomalie en Ni et Co a été reconnue au SW de la feuille Tin Senasset, associée au massif de diorites, gabbrodiorites de la phase I du complexe Tin Senasset. Les concentrations élevées en Ni (0,08%) et en Co (0,01%) ont été constatées dans les roches fines carbonato-siliceuses tachetées à pauvre dissémination en sulfures. Les concentrations maximales en Ni (0,3%) sont décelées dans les gabbros quartzifiés où le nickel s'associe avec le cuivre et or au niveau des points de minéralisation du SE de la feuille Ouallen.

.1.6- Plomb et Zinc :

Les points de minéralisation et les anomalies géochimiques de Pb et Zn sont généralement liés aux filons de quartz minéralisés ou aux filonnets de quartz et de quartz-carbonate encaissés dans les formations métamorphiques, volcanogènes et intrusives du Protérozoïque inférieur à supérieur. Des concentrations élevées en Pb ont été notées dans les gravélites de base de l'Ordovicien (anomalie géochimique sur la feuille Tin Senasset). Le Zinc se rencontre en teneur élevée dans les grès cuprifères (indice de la feuille Ouallen), les volcanites propylitisées (point de minéralisation de la feuille Egatalis) et les marnes gypsifères, les calcaires, les grès du Crétacé supérieur (anomalie géochimique de la feuille Bidon V). Les teneurs des points de minéralisation et des anomalies géochimiques en Pb et Zn varient largement, respectivement de 0,02-0,15% à 0,6% et de 0,08-0,15% à 0,6-1,0%. D'une manière générale, les dimensions des corps

minéralisés ne sont pas grandes, c'est pourquoi ils ne présentent pas une valeur par eux-mêmes.

1.7- Bismuth :

Quatre anomalies géochimiques ont été décelées dans la zone d'étude; deux sont liées aux filons de quartz et aux veinules recoupant les enderbites de l'Archéen (Feuille TinSenasset) et les gneiss du Protérozoïque inférieur (Feuille Bidon V). La teneur en bismuth est de 0,0015 à 0,005%. Les teneurs y atteignent 0,02% pour le Bi ; 0,004% pour le Mo et 0,04% pour le Cu. 1.8-

1.8.Molybdène :

Les anomalies géochimiques ponctuelles en Mo se localisent dans les formations suivantes:

- Les schistes siliceux à séricite-quartz et les roches argilitisées cuprifères des séries Tagengan't et volcano-terrigène.
- Les filons de quartz et les veinules où la minéralisation en Mo s'associe à la minéralisation en étain-tungstène-polymétaux (point de minéralisation sur la feuille Egatalis) Les sédiments, généralement d'âge Silurien. Les anomalies géochimiques en Mo sont identifiées sur la feuille Ouallen où elles, sont liées aux roches sédimentaires du Paléozoïque inférieur.

.1.9- Niobium :

On connaît dans la région étudiée des anomalies géochimiques en Nb parfois assez bien marquées à 0,1-0,2% de métal. Malheureusement, toutes ces anomalies ne sont mises en évidence qu'à partir des données spectrographiques et ne sont pas confirmées par des analyses plus précises (chimiques et minéralogiques). Les guides géologiques de la localisation des anomalies en Nb par ordre de priorité sont:

- Le champ d'extension des granites de la phase IV du complexe Tin Senasset.
- Les secteurs à granitoïdes altérés du complexe Tassendjanet.

- Le massif de syénites de la phase du complexe Ouallen.
- Les champs d'extension des porphyres liparitiques et trachyliparitiques de la série volcano-terrigène.

.1.10- Béryllium :

Les teneurs les plus hautes en Be (à 0,232%) sont constatées dans les filons et les filonnets de quartz-hématite. En outre, les anomalies géochimiques ponctuelles en Be sont liées aux : • Syénites alcalines du complexe Ouallen, SW de la feuille Ouallen (0,001% Be); • Granosyénites (feuille Egatalis : 0,005% Be) et dykes et porphyres liparitiques (feuille Ouallen) du complexe Tin Senasset ; • Laves de porphyres liparitiques, de la formation dacitoliparitique, de la série volcano-terrigène (feuille Egatalis : 0,003 à 0,01% Be); • Filons de quartz (feuille Egatalis : 0,02% Be).

.1.11- Lithium :

On connaît deux anomalies géochimiques en Lithium dans la région étudiée. L'une au SW de la feuille Tin Senasset associée aux granites 55 modérément acides de la phase II du complexe Tin Senasset (0,05% Li), l'autre, au SE de la feuille Ouallen, liée aux granites porphyroblastiques à feldspaths potassiques et biotite cataclasée du massif Tassendjanet avec enclaves de gneiss à biotite et filonnets de pegmatite : (0,02 à 0,04% Li).

.1.12- Zirconium et Scandium :

Les anomalies géochimiques en zirconium sont rencontrées dans différents contextes géologiques dont l'ordre d'importance décroissante se résume par la série de roches suivantes : • Porphyres trachyliparitiques (?) et dacitiques de la série volcano-terrigène et leurs analogues subvolcaniques (5 anomalies); • Formations sédimentaires de l'Ordovicien inférieur (5 anomalies); • Granites du complexe Tin Senasset (4 anomalies); • Granitoïdes du complexe Tassendjanet (3 anomalies). Il convient de noter que le scandium des anomalies géochimiques (7 cas sur 9) s'associe

couramment au zirconium et que les teneurs des anomalies en Sc (0,005 à 0,08%) sont liées aux différents types des roches.

.1.13- Les terres rares : (Lantane, Cérium, Yttrium, Ytterbium)

Dans la région étudiée, les anomalies en Tr ne sont pas nombreuses. Elles s'associent à différentes formations géologiques. Le plus souvent les anomalies sont liées aux anomalies composées en Or, Etain, Niobium, Zirconium des niveaux de base de la formation des Ajer de l'Ordovicien inférieur (feuilles Ouallen et Tin Senasset) ou aux anomalies en niobium et en zirconium des porphyres trachylyparitiques de la série volcano-terrigène.

3-2- Substances utiles non métalliques

3.2.1-Fluorine :

L'indice de fluorine, délimité dans la partie Nord-Est de la feuille Egatalis, est génétiquement lié aux granites alaskitiques leucocrates de la phase IV du complexe Tin Senasset. La minéralisation en fluorine dans le massif est associée aux zones d'accidents cassants d'orientation Nord-Ouest et rarement Nord-Est; en d'autres termes, la minéralisation est contrôlée par des facteurs magmatiques et structuro-tectoniques.

3.2.2- Pierres techniques et décoratives (agates) :

Les pierres techniques et décoratives, agates, opales, sardoines sont génétiquement liées aux coulées andésito-basaltiques grossièrement poreuses en provenance des laves fortement saturées en gaz, ce qui en résulte une abondance de cavités ovales.

3.2.3- La dolomie :

L'indice de dolomie (feuille Ouallen) est lié à l'affleurement du terme carbonaté dans les grès et gravélites de la série à stromatolithes. Ce niveau de dolomies de 30-60m de puissance est suivi avec quelques interruptions sur 1,5km.

CONCLUSION :

Notre région d'étude (nord d'In Ouzzal) est composée essentiellement de six feuilles (In aghabir, Tibhaouine, In Hihaou, Takhmalt, Kef Egatalis, Bidon V).

De point de vue stratigraphique la partie ouest d'In Ouzzal est composée de formations suivantes :

- Archeen.
- Protérozoïque Inférieur (Suggarien).
- -Protérozoïque Moyen.
- -Protérozoïque Supérieur(Pharisien).

CHAPITRE IV

CARTOGRAPHIE SIG

A-Généralité**I-Introduction**

Le concept SIG a été établi en 1963, proposé par le topographe canadien R.F.Tomlinson, le SIG a commencé à pénétrer et appliquer dans les différents pays, dans les différents domaines. Avec le support matériel et logiciel de l'informatique, traiter et manipuler les données géo spatiales, utiliser le modèle géographique à analyser les données, le SIG s'est rapidement impliqué dans la science informatique, la science de l'information, la télédétection, la géographie, la cartographie, les études environnementales, les études de ressources, devient une nouvelle interdisciplinaire. Le SIG couvre une grande variété, donc sa définition a différentes manières.

Comment définir un système d'information géographique ? La plupart des auteurs privilégient un des critères suivants : les composants d'un SIG, ses fonctionnalités ou sa finalité (objectifs). Devant la multiplicité des définitions ayant cours dans des disciplines Scientifiques et des secteurs d'activité différente (LAKHOUA, 2007).

Dans le présent travail, nous avons retenu la définition qui répond le mieux aux objectifs de notre travail :

2-Définition de SIG

Un SIG est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, c'est est un outil qui permet d'acquérir, de stocker, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et de cartes (cartographie intuitive et évolutive).

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématique (lithologie, magmatisme, tectonique...) structurées dans des bases de données numériques.

Chapitre IV :

Cartographie SIG

Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géoréférencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ce cadre commun est fixé légalement.

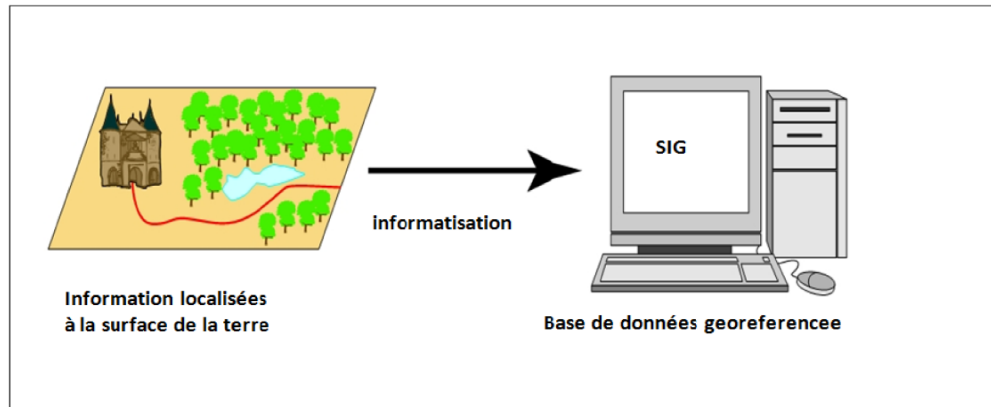


Fig. (IV.01)-Schéma explicatif du SIG (Société française de photogrammétrie et télédétection, 19893-

3-Composants du SIG

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs.



Fig. (IV.02): Composants d'un Système d'Information Géographique.

1-Les logiciels : les logiciels offrent les fonctions élémentaires

suivantes:

- **Acquisition** : saisie, intégration et échanges des informations géographiques sous forme numérique.
- **Archivage** : structuration et stockage de l'information géographique sous forme Numérique.
- **Analyse** : manipulation et interrogation des données géographiques (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)
- **Affichage** : représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.
- **Abstraction** : représentation du monde réel. (RAVALET & PANET, 2001).

2-Les Données : constituent la partie la plus importante du SIG. Elle se compose de :

2-1- Données attributaires :

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle, etc. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

2-2- Les objets géographiques :

Chapitre IV :

Cartographie SIG

Elles Sont organisées en couches. Chaque couche d'information faites Référence à un thème, les données géographiques sont importées à partir de Fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale).

Dans un SIG, un système de coordonnées terrestres (sphérique ou projectif) permet déréférencer les objets dans l'espace et de positionner l'ensemble des objets les uns par rapport aux autres. Les objets sont généralement organisés en couches, chaque couche rassemblant l'ensemble des informations se rapportant à un même thème donné. (figIV.03)

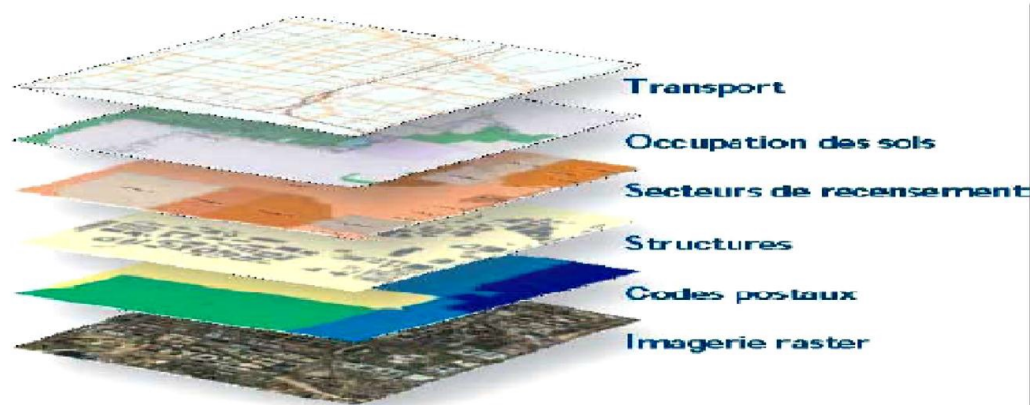


Fig. (IV.03): Couches d'un Système d'Information géographique (URBANI, 2006).

Avec un SIG, les relations entre les objets peuvent être calculées et donner naissance à des points d'intersection afin d'éviter la répétition d'objets superposés. Ainsi, une parcelle bordant une route aura les mêmes sommets que ceux définis pour la route.

2-3- Les métadonnées :

Un SIG manipule des données provenant de différentes sources. Celles-ci sont, aussi, accompagnées d'informations caractérisant la source elle-même, soit encore de données sur les données : des métadonnées. Ces

dernières apportent, par exemple, des informations sur la nature des données,

Le système de projection, l'étendue géographique, et la date de saisie. (MARTIN, 2004).

- **Les matériels** : le traitement des données à l'aide des logiciels se fait en utilisant un ordinateur. Pour faciliter la diffusion des résultats produits par un SIG, de plus en plus de systèmes adoptent une architecture client-serveur (MARTIN, 2004).
- **Les savoir-faire** : un SIG fait appel aux connaissances, savoirs, savoir-faire de nombreux domaines: géographie, cartographie, analyse des données et des processus (analyse Merise, Unified Modeling, Langage), informatiques, statistique, urbanisme, hydrologie... Cette approche pluridisciplinaire impose la collaboration d'experts appartenant à des domaines très différents (MARTIN, 2004).

2.4. Utilisateurs :

Comme tous les utilisateurs d'un SIG ne sont pas forcément des spécialistes, un tel Système propose une série de boîtes à outils qu'on assemble pour réaliser son projet.

Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques, est généralement celui d'un technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels.

2.5. Méthodes : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG doit respecter certaines règles et procédures propres à chaque discipline.

□ **couche**

Un SIG stocke les informations sous la forme de couches thématique pouvant être reliées les unes des autres par leurs coordonnées

géographiques Chaque couche va contenir un ensemble de données (couches de réseau routier, couches de réseau urbain etc.). c'est en rassemblement ces

Différentes couches que l'on obtiendra la carte finale représentant toutes les données géographiques pertinentes.

□ **Référence géographique**

Deux type de données sont à prendre en compte lorsque on veut étudier une carte : les données attributaires et les données spatiales

Deux modes de représentation spatiale des données sont majoritairement utilisés : le mode vectoriel et le mode matriciel ou mode raster :

Les données raster ont comme élément essentiel le pixel (Picture Élément). Elles Proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les photos satellitaires. Les pixels sont répartis dans un raster de façon régulière.

Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par l'enchaînement de Pixels uniques. Un objet ne peut donc être représenté que de façon approximative, c'est ainsi Que la taille du pixel conditionne l'exactitude de la représentation.

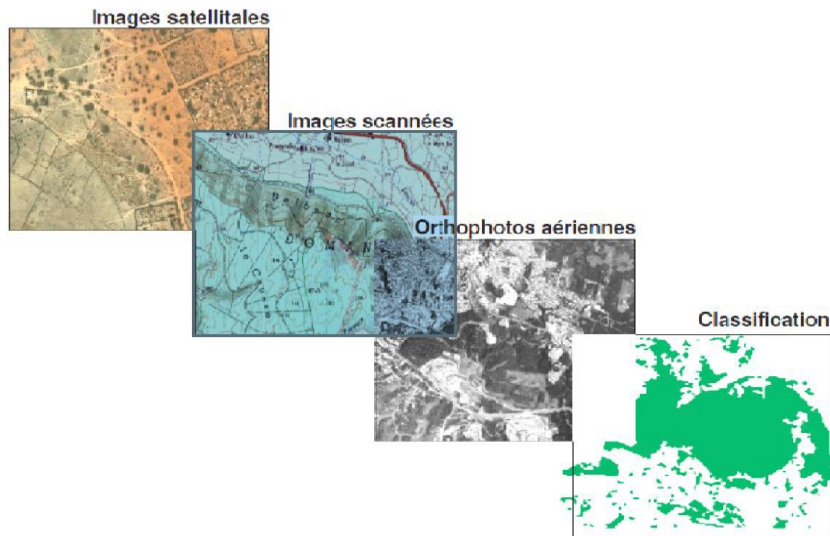


Fig. (IV.04): Exemple de quelques données raster (BONNET M.2012)

Il permet de représenter le monde réel sous forme de points, lignes ou polygones et chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

· **LES POINTS :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

· **LES LIGNES :**

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

· **LES POLYGONES :**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...

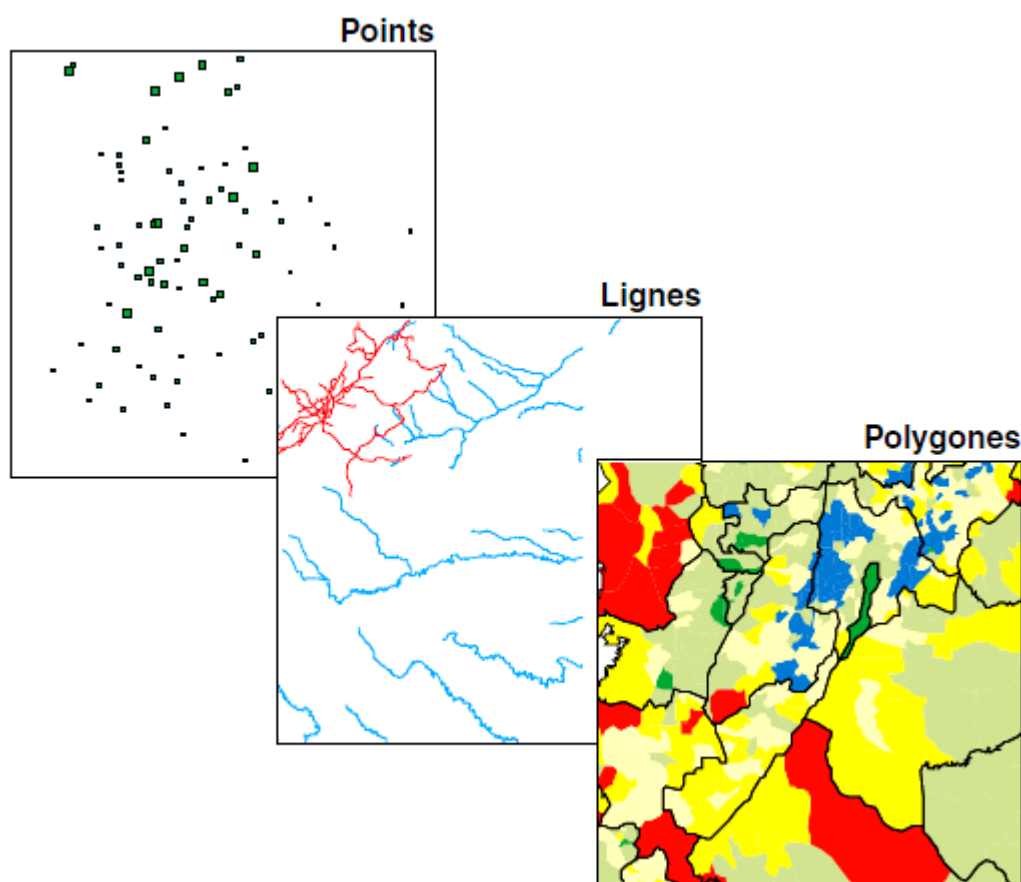


Fig. (IV.05) :Données vecteurs exemples.

4-Comparaison entre les modes vecteurs et rasters :

Les modes vecteurs et rasters se distinguent par une organisation différente de données, ils restent cependant complémentaires en permettant à l'utilisation d'élargir les champs de son investigation pour des applications et des traitements très variés. Chaque mode à des avantages et des inconvénients et le recours à l'un ou à l'autre n'est pas toujours une tâche facile, car ce sont les objectifs et surtout les sources de données du projet le choix de l'utilisateur.

Certaines applications peuvent même faire appel aux deux modes [tableau01].

.Tableau 01 : Avantages et inconvénients des deux types de structure des SIG.

	Mode Raster	Mode Vecteur
Avantage	-Structure simple -Simple analyse -Compatible avec l'imagerie -Simple modélisation -Meilleur pour les données continue	-Carte analogue -Haute résolution -Précision spatiale -Topologie -Stockage compacté -Meilleur pour les données discrètes
Inconvénients	-Faible résolution -Imprécision spatiale -Structure implicite -Grand volume de données	-Structure complexe -Bon support technique nécessaire -Coûteux

La structuration des données SIG se fait par couches, qui sont des ensembles d'éléments d'références (données géométriques et attributaires). Ainsi, une image raster, ou un ensemble d'objets vectoriels peuvent constituer une couche. Généralement, on assemblera dans une couche les objets faisant partie d'une même thématique. On rassemblera par exemple

Dans une couche nommée « Voirie » les objets de type « ligne » correspondant aux routes, aux sentiers etc., alors que d'autres objets linéaires (fleuves, canaux etc.) Seront regroupés dans une couche distincte (dans ce cas, la couche « Hydrologie »).

Si l'affichage d'une couche permet déjà la réalisation d'analyses intra couches, la grande force des SIG est de permettre la visualisation simultanée de différentes données par la superposition de couches, la superposition à

Chapitre IV :

Cartographie SIG

la volonté de couches de thèmes différentes permet d'obtenir une représentation des données adaptée aux besoins d'analyse, complexe et riche en information, notamment au niveau des interactions spatiales et thématiques. À partir de là, tout ou presque est possible grâce aux analyses multicritères et multicouche.

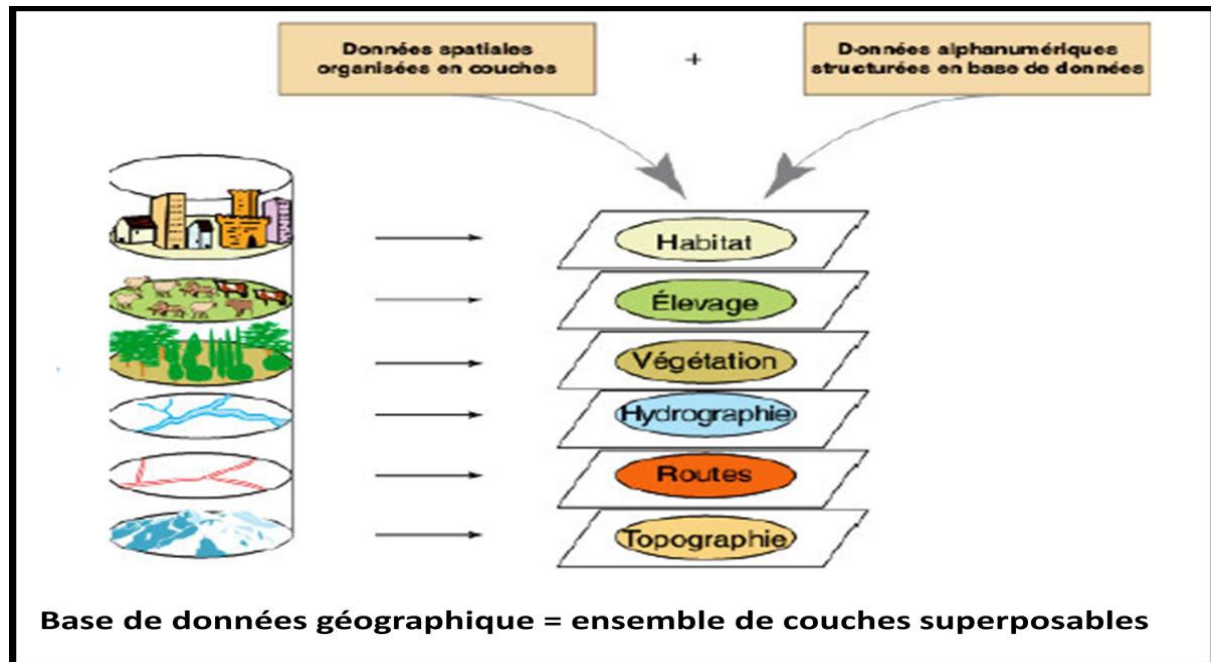


Fig. (IV.06) : Structure de l'information géographique dans un SIG (Habert, 2000).

Il nous permet de :

- disposer les objets dans un système de référence géoréférencé.
- convertir les objets graphiques d'un système à un autre.

- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.

- fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple :

Toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable).

- déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis.

- définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir

Les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière.

5. SIG et Géologie:

5.1. Construction du SIG géologique:

Le modèle de données sous-jacent au SIG géologique se doit de répondre à un certain nombre de contraintes fortes, notamment :

-Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte

Géologique.

- Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leur signification géologique.

-Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.

Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet.

5.2. Architecture du modèle spatial :

Le modèle de données proposé consiste en une base de données spatiale multicouche

Permettant l'élaboration de la carte géologique par superposition de différents plans d'informations.

Cette approche implique la séparation de l'information géologique de base en différents thèmes c'est-à-dire en un ensemble d'objets géologiques homogènes ayant un même type spatial.

L'information « pseudo-3D » contenue dans la carte géologique et dans l'écorché tectonique est rendu par la superposition de thèmes de type polygones (« substratum rocheux » et « formations superficielles », par

exemple). Des thèmes de type lignes (« éléments structuraux », « éléments morphologiques ») et de type points (« symboles orientés », « symboles non orientés », « forages », etc.) complètent l'information.

5.3. Méthode de construction d'un SIG :

Schématiquement, une carte géologique est constituée de surfaces auxquelles sont attribués des codes de couleur permettant de distinguer les différentes unités de terrains. La réalité est cependant plus complexe. Chaque surface est circonscrite par des segments de lignes qui sont les « objets (briques) élémentaires » de la carte. Certaines de ces lignes cumulent plusieurs significations géologiques (limite d'affleurement, niche d'arrachement et limite de tassement rocheux par exemple).

Dans le SIG chaque ligne appartiendra à un ou plusieurs thèmes. Comme élément constructif de polygones ou comme élément linéaire) signification structurale ou morphologique.

La méthode développée consiste à numériser toutes les lignes de la carte géologique dans un seul thème de construction.

Chacune de ces lignes reçoit une attribution simple ou multiple en fonction de son appartenance aux différents thèmes constitutifs de la carte géologique.

Ces attributs reflètent la ou les fonctions géologiques de chaque objet levé par le géologue sur le terrain.

L'attribution discriminante des lignes dans le thème de construction permet d'extraire de manière semi-automatique les éléments de base des différents types de ligne et polygones.

Une opération topologique est encore nécessaire pour générer les surfaces et leur conférer une attribution spécifique. Une procédure itérative intégrant tests de validation, correction et reconstructions géométriques permet par ailleurs de garantir la cohérence topologique et sémantique du SIG.

6.Domains d'application :

- Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.
Citons cependant :
- Géologie (prospection minière)
- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Marketing (localisation des clients, analyse du site) ;
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement) ;
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes) ;
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture) ;
- Biologie (études du déplacement des populations animales) ;
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

B- le SIG sous Arc GIS:**1. Définition :**

Arc GIS est un logiciel permettant d'élaborer des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG).Le logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement de données géographiques.

2- Présentation du logiciel Arc GIS 10 :

Le logiciel ArcGIS comprend trois applications principales : **ArcCatalog** ; **ArcMap** et **ArcToolbox**.

2-1ArcCatalog : ArcCatalog nous permet de passer en revue, d'organiser, de distribuer et de modifier les éléments de propriétés des données

Chapitre IV :

Cartographie SIG

géographiques et cela en employant des méthodes graphiques ou textuelles.fig(IV07)

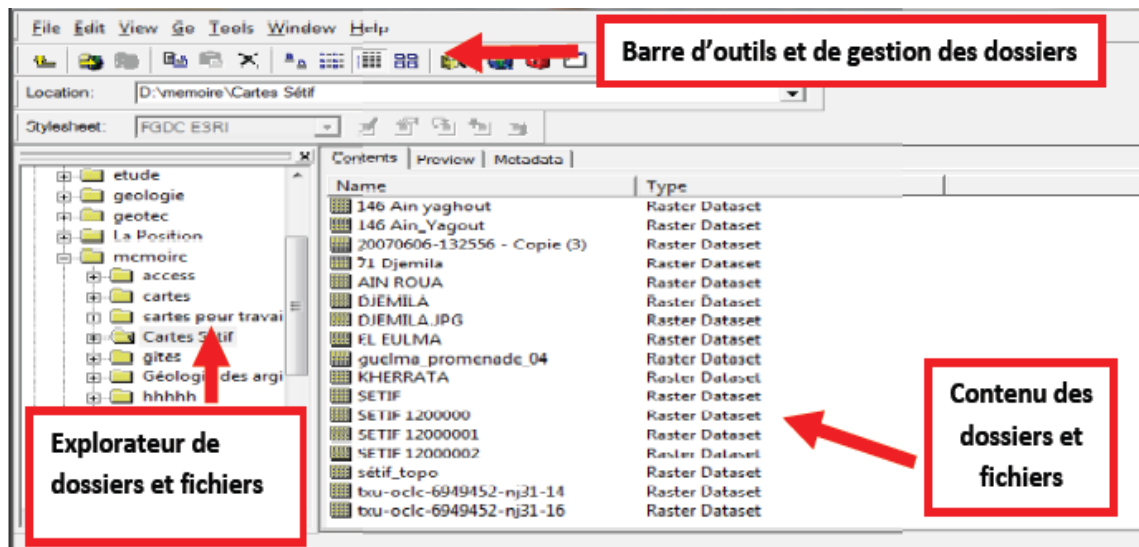


fig. (IV.07)-Présentation d'unSystème arc cata log

C'est idéalement dans cette interface que l'on exécute les actions suivantes :

- Créer des nouvelles données (couches ou shapefiles, geodatabases)
- Attribuer un système de coordonnées lorsqu'il n'est pas reconnu par le logiciel, ou non renseigné.
- Supprimer une couche (soit l'ensemble des fichiers correspondants au shapefiles) définitivement de l'ordinateur
- Avoir un aperçu géographique ou attributaire d'une couche donnée

*Précisons qu'ArcCatalog est aussi disponible à travers la fenêtre d'ArcMap, ce qui facilite grandement la gestion des fichiers.

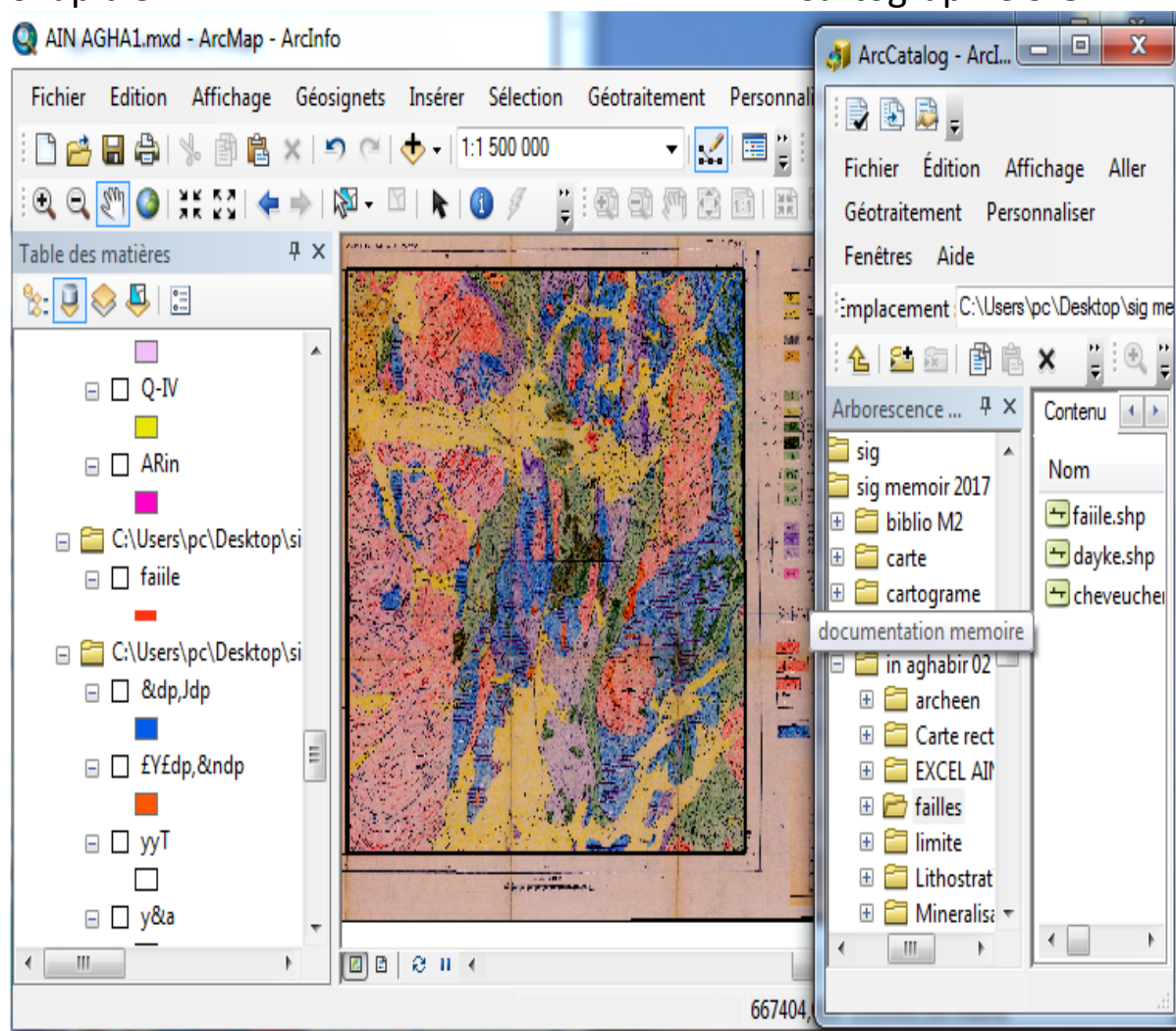


Fig. (IV.08): interface Arc Catalogue au travers ArcMap

2-2. ArcMap :

C'est l'application principale d'Arc Info Desktop. Elle permet de visualiser les données, de les saisir et les mettre à jour, d'effectuer des analyses, ainsi que de cartographier et mettre en pages ces données.

-ArcMap facilite la disposition des cartes lors de la mise en page pour l'impression,

L'intégration dans d'autres cartes et l'édition de documents électroniques. L'interface d'application est présentée ci-dessous : fig. (IV.09)

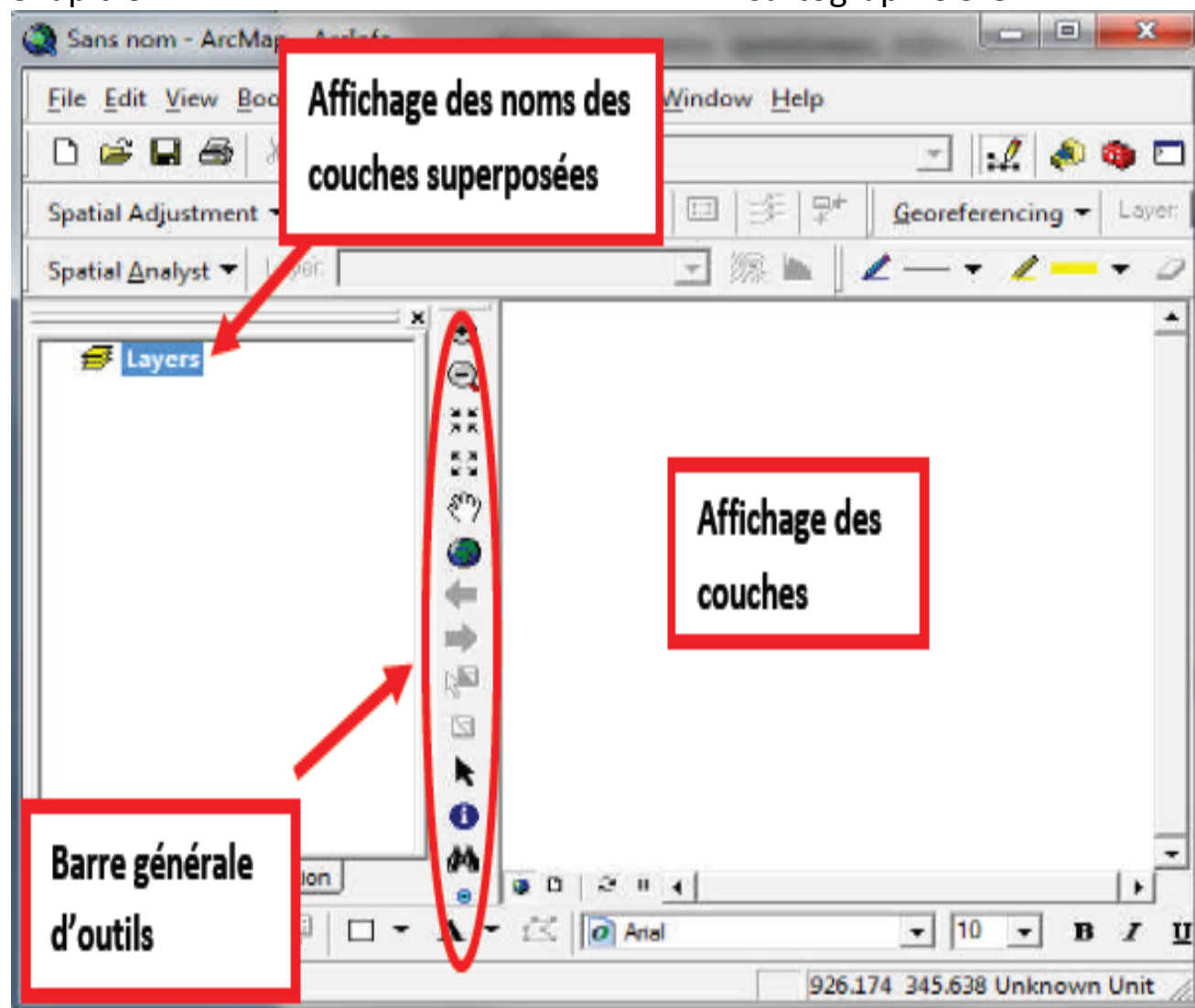


Fig. (IV09): Présentation de l'interface ArcMap.

2-3. ArcToolbox :

C'est une interface graphique des commandes "ARC". Elle permet d'accéder à toutes les fonctionnalités de traitement et d'analyse. La boîte à outils fournit un ensemble très riche de fonctions de géotraitement. Convertit aussi les formats de données pour l'importation ou l'exportation de fichiers, ainsi que les changements de projection. On peut ouvrir la fenêtre ArcToolBox à l'aide du bouton Afficher/Masquer la fenêtre

ArcToolBox qui se trouve sur la barre d'outils standard, ou en

Sélectionnant Géotraitement > ArcToolBox.

Chapitre IV :

Cartographie SIG

En cliquant sur un outil, une fenêtre correspondant à ce dernier s'ouvre, nous permettant de le paramétrer.

Le contenu de la fenêtre ArcToolBox est enregistré avec notre document, ceci est peut-être la caractéristique la plus utile de la fenêtre, elle nous permet de personnaliser le contenu pour inclure seulement les boîtes à outils dont nous avons besoin pour notre projet en cours. **Figure (IV10).**

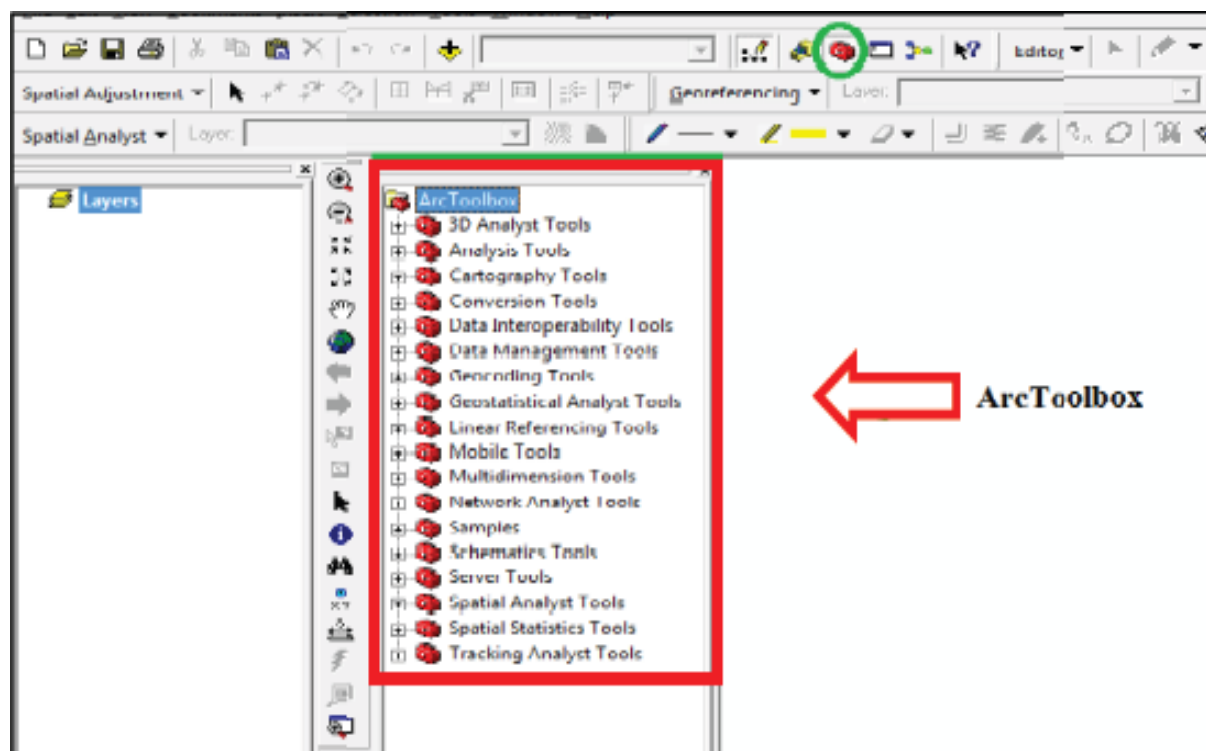


Fig. (IV10): Présentation de l'interface : ArcToolbox.

3-Application à la région d'In Ouzzal nord

Dans cette étude le logiciel ArcGIS a été utilisé pour élaborer notre SIG. la donnée raster utilisée est la géologique au 1/200.000 de la région In Ouzal Nord qui composé essentiellement de six feuilles (Kef- Egatalis, Bidon V, In Hihou, Takhamalt, In Aghabir Tibhaouine), ces carte a été utilisée pour l'extraction de l'information géologique de la région d'étude. Les données sur

La minéralisation sont obtenues par compilation de nombreuses rapports et thèses (KINNI AKINE 1980, MATIOUNINE 1976-1978, BEDOKOUROVE N°111).

Ces données ont été rongées dans un fichier Excel transformé par la suite en couches d'information vectorielles.

3-1 Géoréférencement

Géoréférencier une carte raster signifie faire entrer les coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quels points de la carte correspondent à ces coordonnées, il est indispensable de caller chaque carte raster avant de l'utiliser dans une base de données

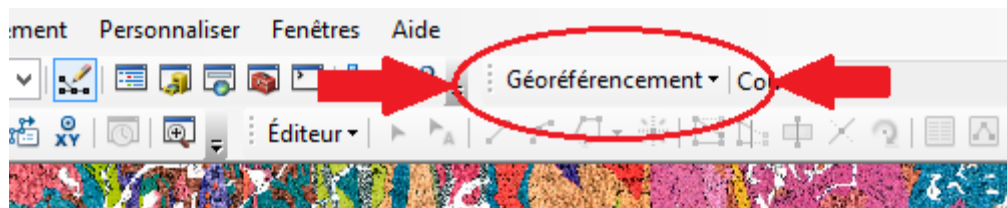


Fig. (IV11) outil de géoréférencement

3.1.1- les étapes de Géoréférencement d'une carte à l'aide d'ArcGIS

a) Démarrer ArcCatalog

Démarrer. Tous les programmes.ArcGIS.ArcCatalog

La fenêtre ArcCatalog s'affiche sur notre écran : elle est formée de deux champs

- Le champ de gauche le dossier Catalogue, à double clic : il nous montre son l'arborescence (de quoi et comment il est structuré)

- Le champ de droite contient trois onglets : Contenu, aperçu et métadonnées L'onglet « contenu » affiche la même arborescence du catalogue

b) Se connecter à un dossier

Cette opération permet de rechercher un dossier qui contient les informations qui nous intéressent (exemple : cartes en format raster ; cartes scannées)

Chapitre IV :

Cartographie SIG

Clique G sur Fichier Connexion à un dossier (ou clique G sur la flèche jaune de la barre d'outils une fenêtre apparaît, chercher le dossier contenant les cartes èOK

Sur la fenêtre ArcCatalog le dossier choisi apparaît à gauche apparaître en première position dans l'arborescence du Catalogue, Cliquez G : on voit à droite la liste des cartes contenues dans ce dossier ainsi que leur extension (ici en format raster ; jeu de données ras

c) Choix du système de coordonnées dans ArcCatalog

Dans ArcCatalog : Cliquez D sur la carte à caller Propriétés Références spatiales Modifier Sélection èréférences spatiales è Système de coordonnées projetées èUTM è Africa è puis on va choisir le système qui convient à la carte è OK,

d) Choix du même système de coordonnées dans ArcMap

Démarrer ArcMap et choisir le même système de coordonnées : Démarrer Tous les programmes èArcGIS èArcMap ou cliquer dans la fenêtre ArcCatalog, barre d'outils sur l'icône démarrer ArcMap (icône ronde bleu et vert). Une fenêtre vous propose d'ouvrir un document vide è OK

-A Gauche apparaît le dossier « Couches »

-A droite la page est normalement blanche

Clique D sur couche è Système de coordonnées è Prédefini è Système de coordonnées projetées èUTM èAfricain è puis on va choisir le système qui convient à la carte è OK,

e) Importation de la carte à caller d'ArcCatalog vers ArcMap

Aller à ArcCatalog et prendre la carte à géo référencier ; Copier glisser (clique G maintenu sur le fichier carte et déplacer la carte dans l'écran d'affichage la page de ArcMap).- Une fenêtre s'ouvre et vous propose la création de pyramides, cliquer sur Ok.

Chapitre IV :

Cartographie SIG

- La création de pyramide permet d'alléger la carte donc de rendre plus rapide les manipulations.

Après un certain temps la carte que vous voulez caller s'affiche dans ArcMap. Dans la partie droite sous forme de carte et dans la partie gauche dans l'arborescence des couches.

f) Ajouter les points de contrôle

Chercher dans la barre d'outils l'outil « Géoréférencement »

Aller à Outils → Personnaliser → Cocher « Géoréférencement » → Fermer, l'outil apparaît sur la barre des tâches de ArcMap, Aller ensuite à Géoréférencement, dérouler et décocher « Ajustement automatique »

A l'aide des outils « fenêtre de vue figée » (loupe avec un plus) et « Ajout des points de contrôle » (un "plus" vert et un "plus" rouge reliés) zoomer à l'aide du premier outil sur un point ayant les coordonnées connues, et à l'aide du deuxième outil Cliquez G très précis puis sans bouger la souris Cliquez D sur le point choisi (la croix doit être exactement sur ce point).

Une fenêtre s'ouvre : Entrée X, Y, Entrée DMS, Annuler le point, cliquer sur Entrée DMS puis entrée les coordonnées géographiques du point degrés, minute, seconde ' sans oublier de cocher E ou O et N ou S. Faire de même pour les trois autres points

Dans la barre des outils, Cliquer sur l'outil « Visualiser la table des liens » (Quatre plus : deux verts et deux rouges), Un tableau apparaît : on voit bien que nos 4 points ont été plotés,

-Cliquer sur transformation puis ajuster

-Cocher ensuite Ajustement automatique puis OK

La carte disparaît ; pour la réafficher cliquez sur l'outil « Vue générale » (Globe bleu).

Allez à « Géoréférencement » et vérifier si « Ajustement automatique » est bien coché.

3-2. la vectorisation

La vectorisation consiste à la reproduction du contenu d'une carte géologique à partir d'éléments géométries simples sous forme de polygone, point ou ligne.

Les éléments géométriques utilisés diffèrent selon les types d'objet à vectorisé ; une faille par une ligne, une minéralisation par point, une formation géologique par un polygone

3-2-1 les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS

-Tout d'abord on va ouvrir ArcMap et on fait un clic droit sur la couche puis on Choisi le système de coordonnées adéquat

-Ouvrir ArcCatalog et on cherche la carte raster qu'on veut vectorisée

-On copie et on glisse cette carte raster vers ArcMap, un clic droit sur blanc de ArcCatalog on va crier un nouveau fichier de forme

. On donne un nom à ce fichier de forme

. On spécifie le type de couche (polygone, polyligne ou bien point)

. On va attribuer le même système de coordonnées que nous avons donné à la couche dans ArcMap

. On va copier et glisser le fichier de forme

Pour commencer la vectorisation, nous avons besoin de l'outil "Editeur"

Un clic droit sur le blanc de la barre d'outil ArcMap et on va coucher Editeur l'outil apparait et on va le mettre dans la barre d'outil ArcMap

Chapitre IV :

Cartographie SIG

-Aller à "Editeur" et ouvrir une session de mise à jour et on prend l'outil segment et vectorisé l'entité polygonal voulue

-Après avoir terminé la vectorisation on va enregistrer le travail, on va aller à "Editeur" puis enregistrer les mises à jour Après avoir suivie toutes les étapes qu'on a cité ci-dessous (géoréférencement, vectorisation), on est arrivé à produire les différentes couches d'informations géologiques et géologiques de

Manière cohérente.

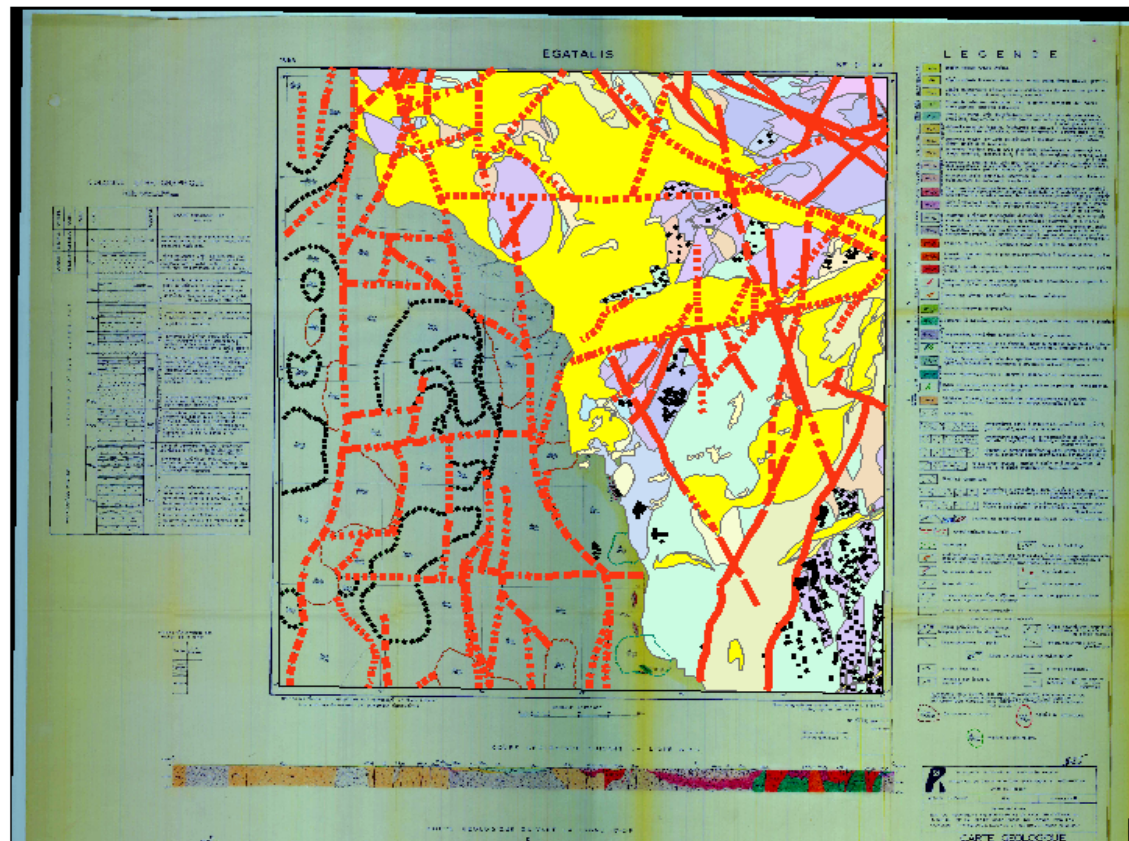


Fig. (IV 12) exemple de vectorisation

4- l'information surfacique (la lithologie)

Chapitre IV :

Cartographie SIG

4-1 Quaternaire Pour procéder à la vectorisation surfacique, on a commencé tout d'abord à vectorisé la formation lithologique "Quaternaire"**at**

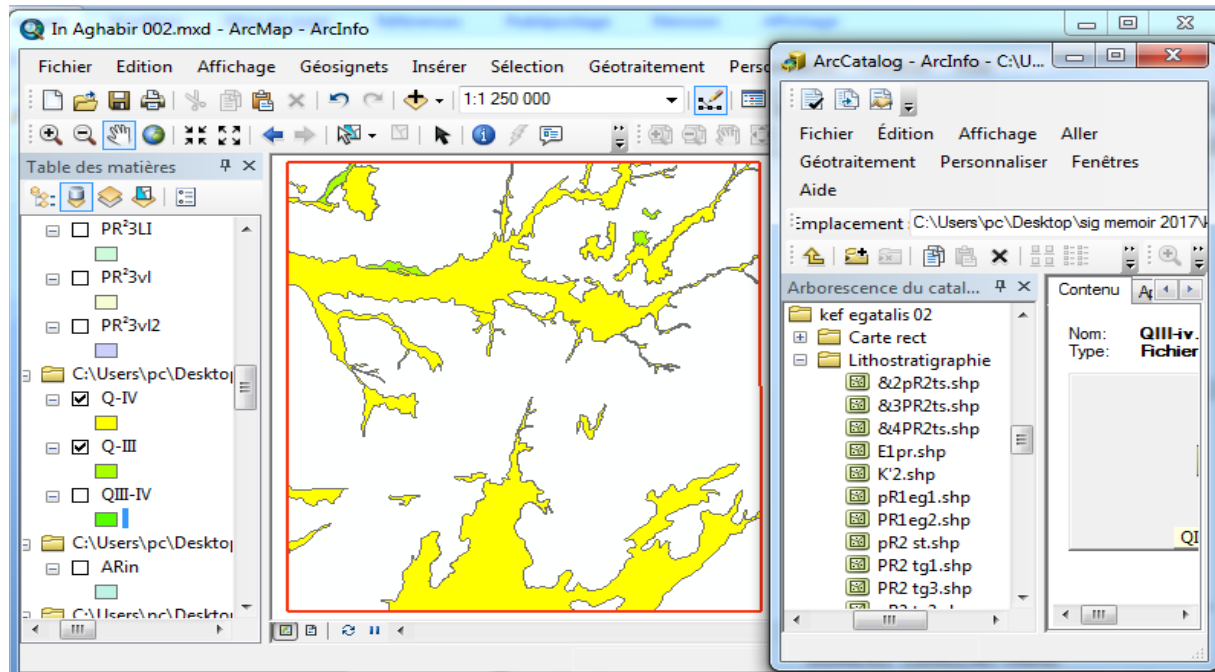


Fig. (IV 13): Vectorisation les couches quaternaire sur la carte In Aghabir.ioation poly

On procédant de la même manière pour toutes les feuilles constituent la région d'étude (nord d'In Ouzzal), nous avons vectorisé six feuilles d'échelle 1/200 000, chaque feuille composé essentiellement de plusieurs formations litho stratigraphique, magmatique, Tectonique .Fig. (IV14)

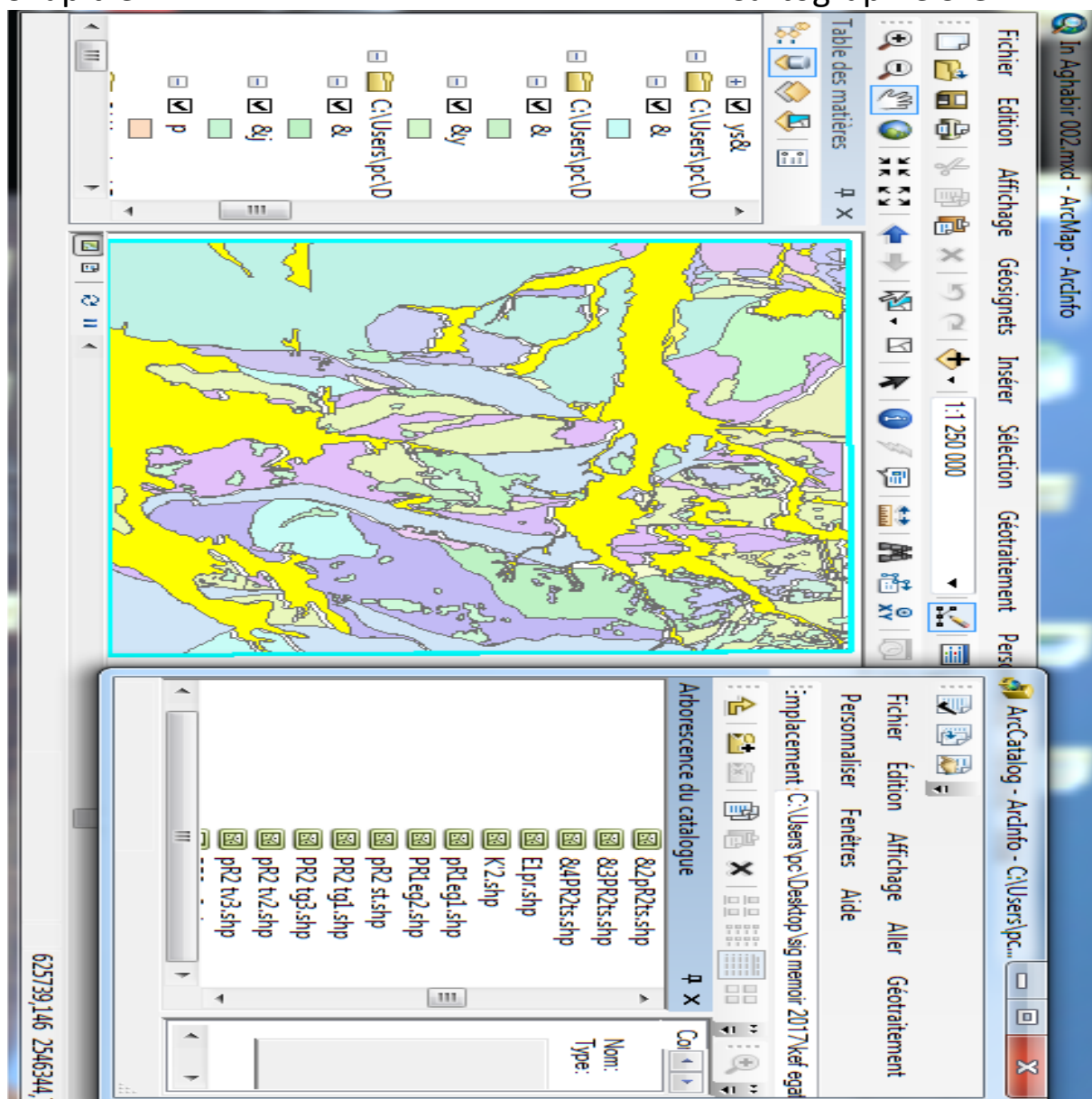


Fig. :(IV14) : Vectorisation des couches polygonales de la cartes in Aghabir (1/200 000)

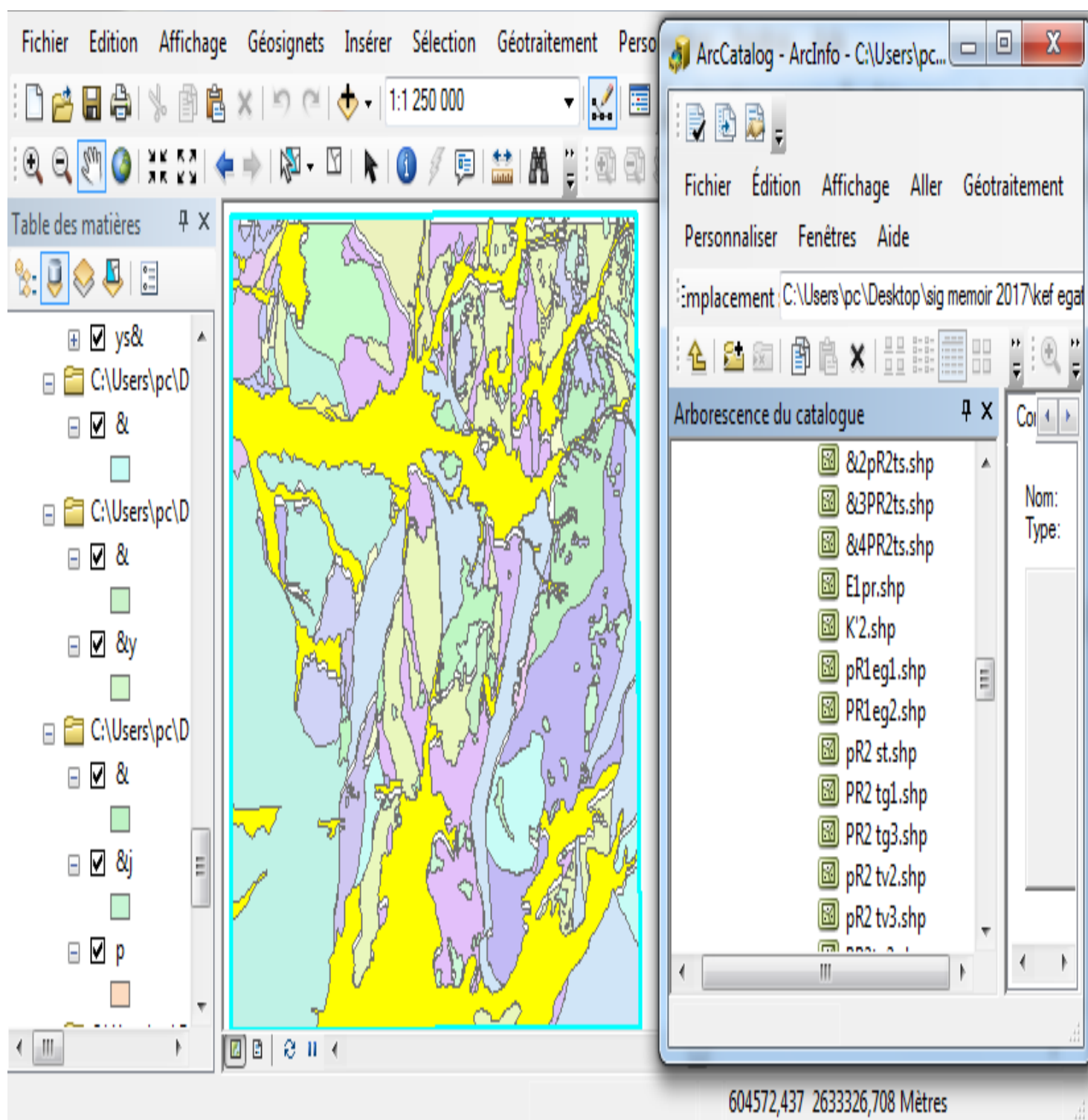


Fig. (IV15).Vectorisation des couches polygonales de la carte in
Aghabir. (1/200 000)

Pour procéder à la vectorisation de l'information sur le magmatisme, nous avons procédé de la même manière pour l'information sur la lithologie. Pour ce, nous avons commencé par la vectorisation des massifs de granites tardif à poste anorogénique.

Fig. (IV.16) : Vectorisation de l'entité polygonale sur le magmatisme.

En procédant de la même manière pour toutes les feuilles de la région de l'in Ouzzal nord.

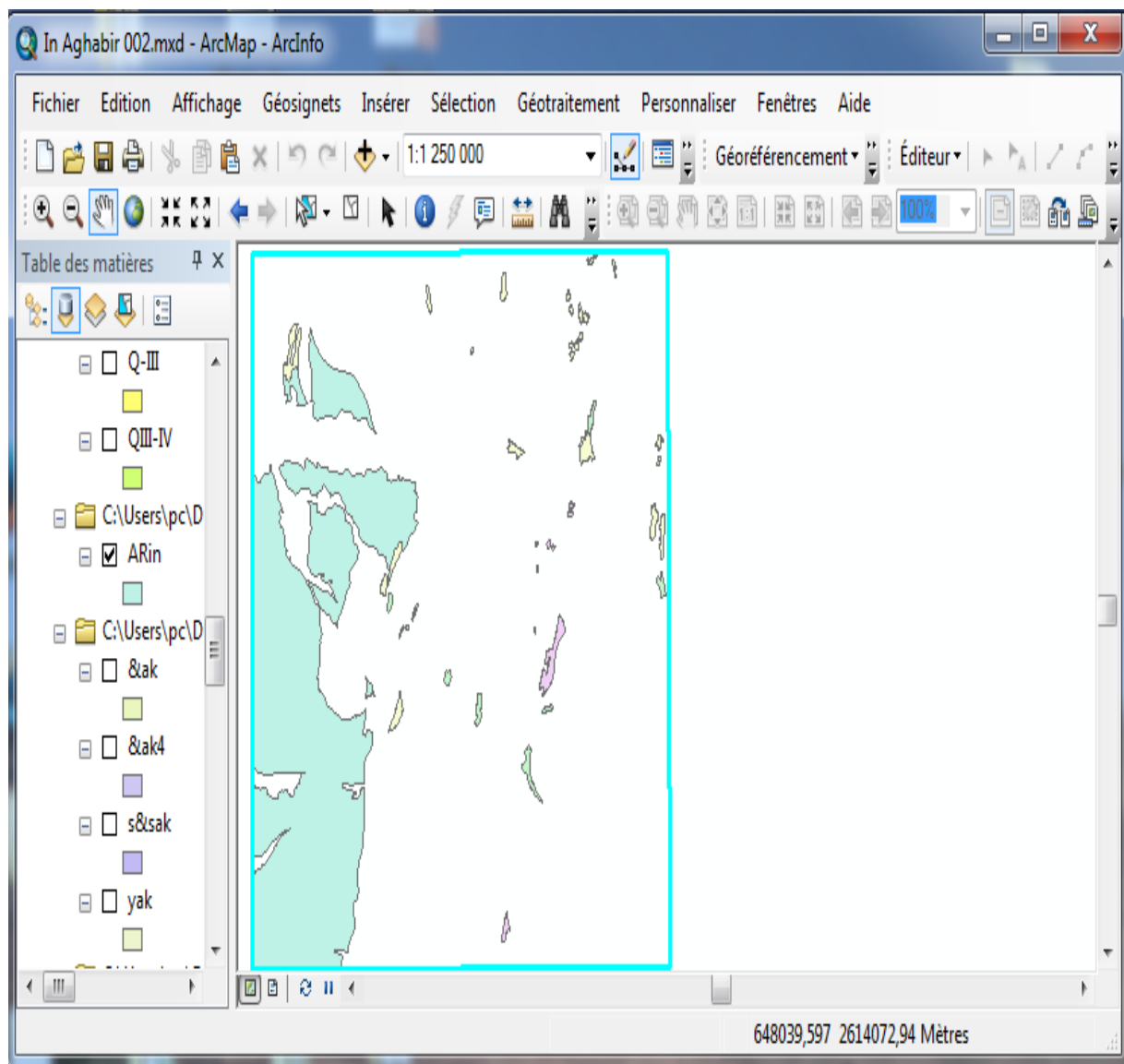


Fig. (IV16).vectorisation de l'entité polygonale sur le magmatisme

5- l'information linéaire (tectonique)

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et des dykes .nous avons commencé tout d'abord à extraire l'information caractérisant les failles tectoniques .le résultat est montré sur (figIV17)

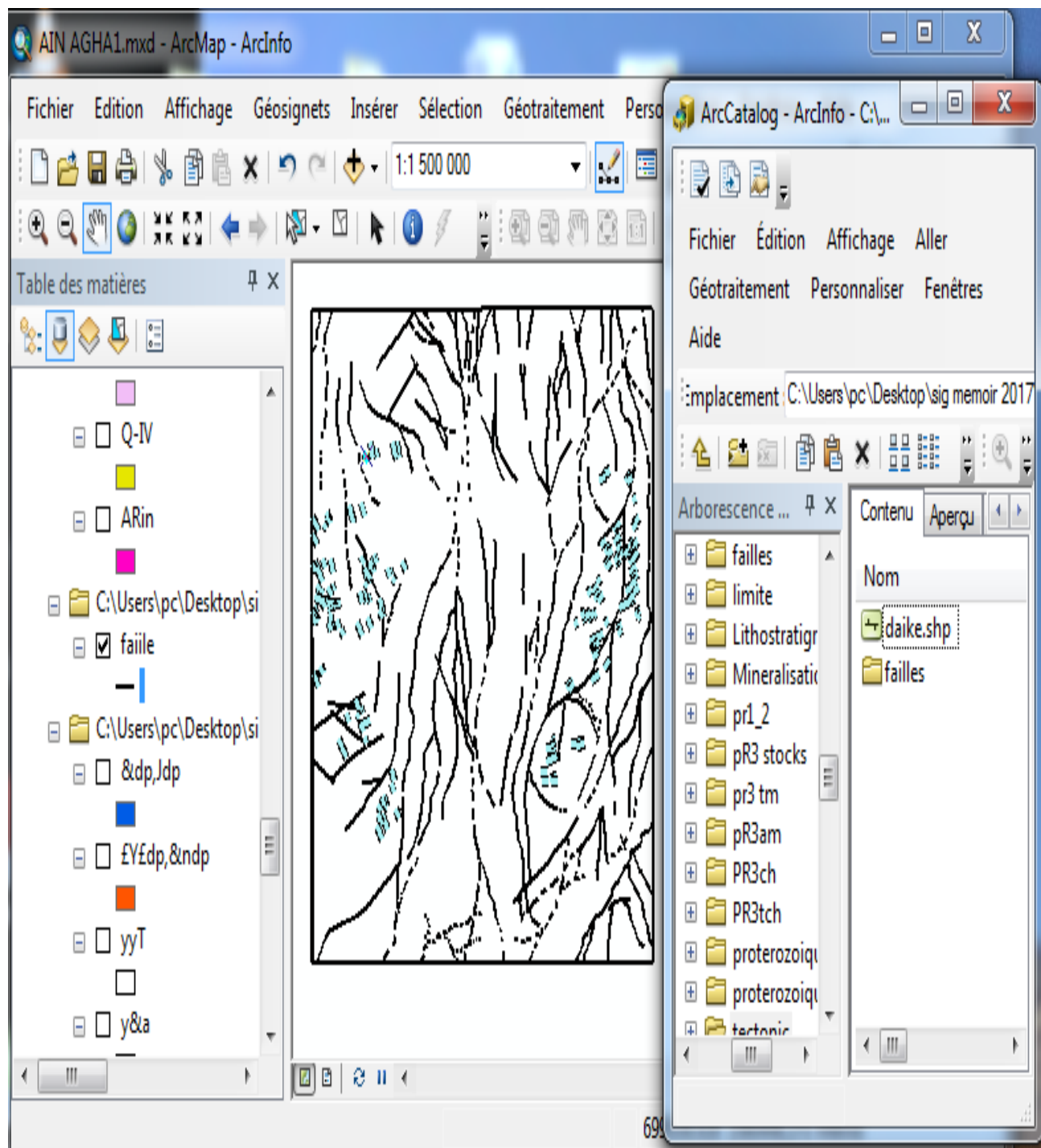
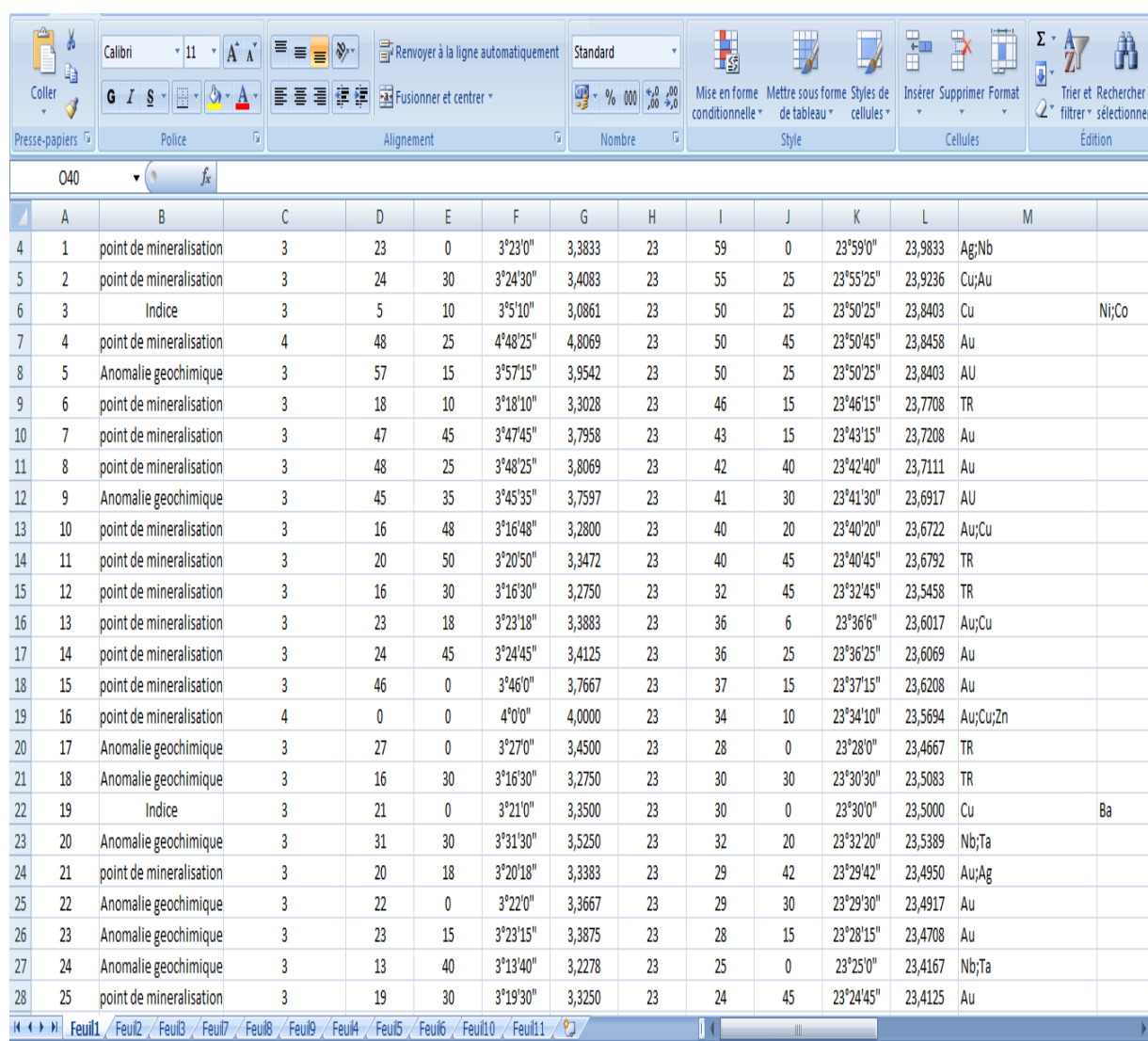


Fig. (IV17).Vectorisation polyligne sur la tectonique (faille, dykes)

· **Création d'un fichier Excel :**

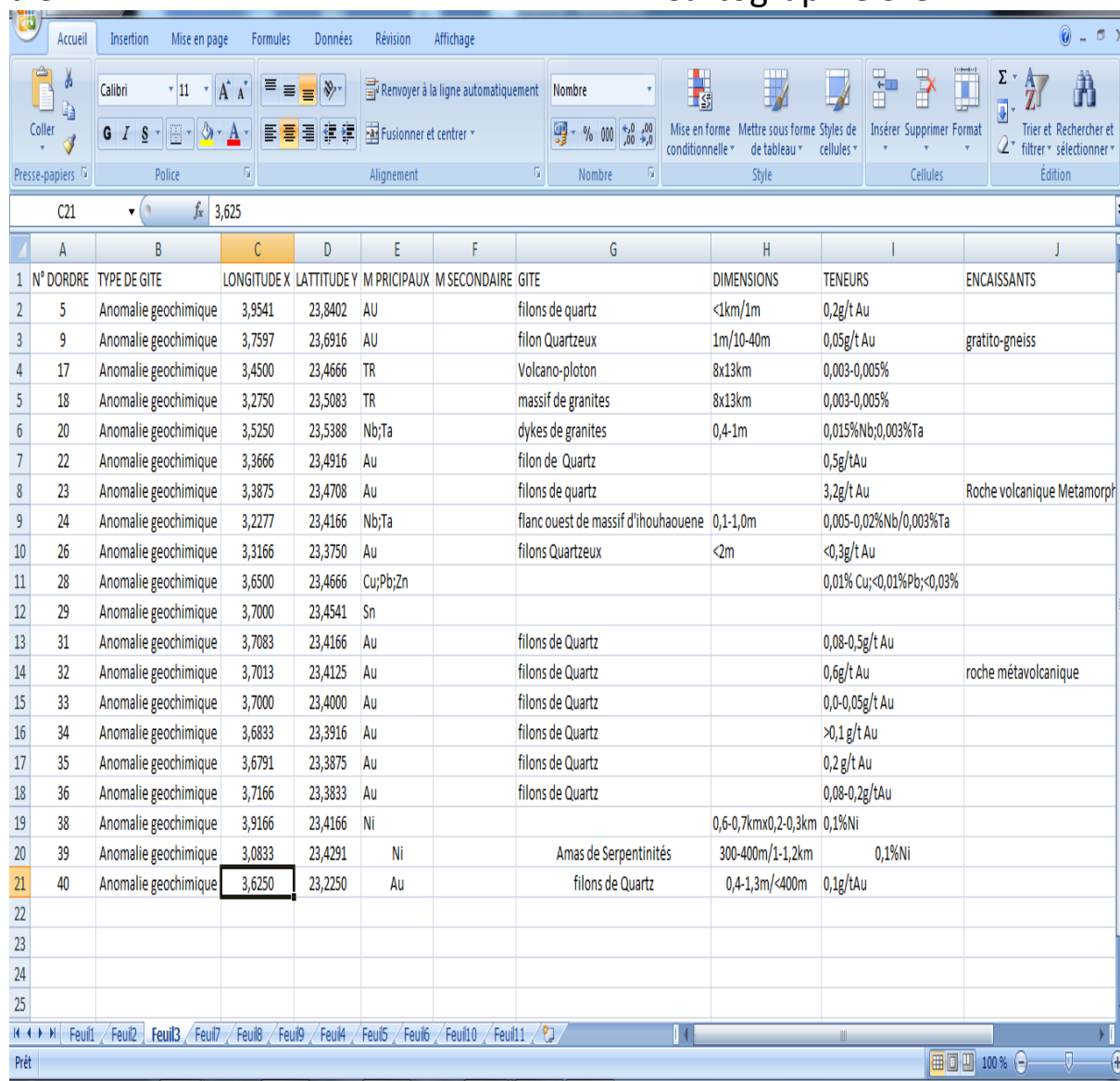
En nous basions sur les nombreuses données récoltées suite à notre recherche bibliographique méticuleuse et approfondie tel que les travaux effectués sur notre région d'étude (nord d'in Ouzzal) nous avons minutieusement élaboré un fichier Excel des plus complet traitant les minéralisations aurifères, poly métaux, des métaux rares... et autres, qu'on a subdivisé de sorte à faire ressortir. chaque minéralisation à part, et chaque

type de minéralisation (indice, point minéralisé, anomalie géochimique, Gisement).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
4	1	point de mineralisation	3	23	0	3°23'0"	3,3833	23	59	0	23°59'0"	23,9833	Ag;Nb	
5	2	point de mineralisation	3	24	30	3°24'30"	3,4083	23	55	25	23°55'25"	23,9236	Cu;Au	
6	3	Indice	3	5	10	3°5'10"	3,0861	23	50	25	23°50'25"	23,8403	Cu	Ni;Co
7	4	point de mineralisation	4	48	25	4°48'25"	4,8069	23	50	45	23°50'45"	23,8458	Au	
8	5	Anomalie geochimique	3	57	15	3°57'15"	3,9542	23	50	25	23°50'25"	23,8403	AU	
9	6	point de mineralisation	3	18	10	3°18'10"	3,3028	23	46	15	23°46'15"	23,7708	TR	
10	7	point de mineralisation	3	47	45	3°47'45"	3,7958	23	43	15	23°43'15"	23,7208	Au	
11	8	point de mineralisation	3	48	25	3°48'25"	3,8069	23	42	40	23°42'40"	23,7111	Au	
12	9	Anomalie geochimique	3	45	35	3°45'35"	3,7597	23	41	30	23°41'30"	23,6917	AU	
13	10	point de mineralisation	3	16	48	3°16'48"	3,2800	23	40	20	23°40'20"	23,6722	Au;Cu	
14	11	point de mineralisation	3	20	50	3°20'50"	3,3472	23	40	45	23°40'45"	23,6792	TR	
15	12	point de mineralisation	3	16	30	3°16'30"	3,2750	23	32	45	23°32'45"	23,5458	TR	
16	13	point de mineralisation	3	23	18	3°23'18"	3,3883	23	36	6	23°36'6"	23,6017	Au;Cu	
17	14	point de mineralisation	3	24	45	3°24'45"	3,4125	23	36	25	23°36'25"	23,6069	Au	
18	15	point de mineralisation	3	46	0	3°46'0"	3,7667	23	37	15	23°37'15"	23,6208	Au	
19	16	point de mineralisation	4	0	0	4°0'0"	4,0000	23	34	10	23°34'10"	23,5694	Au;Cu;Zn	
20	17	Anomalie geochimique	3	27	0	3°27'0"	3,4500	23	28	0	23°28'0"	23,4667	TR	
21	18	Anomalie geochimique	3	16	30	3°16'30"	3,2750	23	30	30	23°30'30"	23,5083	TR	
22	19	Indice	3	21	0	3°21'0"	3,3500	23	30	0	23°30'0"	23,5000	Cu	Ba
23	20	Anomalie geochimique	3	31	30	3°31'30"	3,5250	23	32	20	23°32'20"	23,5389	Nb;Ta	
24	21	point de mineralisation	3	20	18	3°20'18"	3,3383	23	29	42	23°29'42"	23,4950	Au;Ag	
25	22	Anomalie geochimique	3	22	0	3°22'0"	3,3667	23	29	30	23°29'30"	23,4917	Au	
26	23	Anomalie geochimique	3	23	15	3°23'15"	3,3875	23	28	15	23°28'15"	23,4708	Au	
27	24	Anomalie geochimique	3	13	40	3°13'40"	3,2278	23	25	0	23°25'0"	23,4167	Nb;Ta	
28	25	point de mineralisation	3	19	30	3°19'30"	3,3250	23	24	45	23°24'45"	23,4125	Au	

FIG. (IV18) Préparation fiche Excel

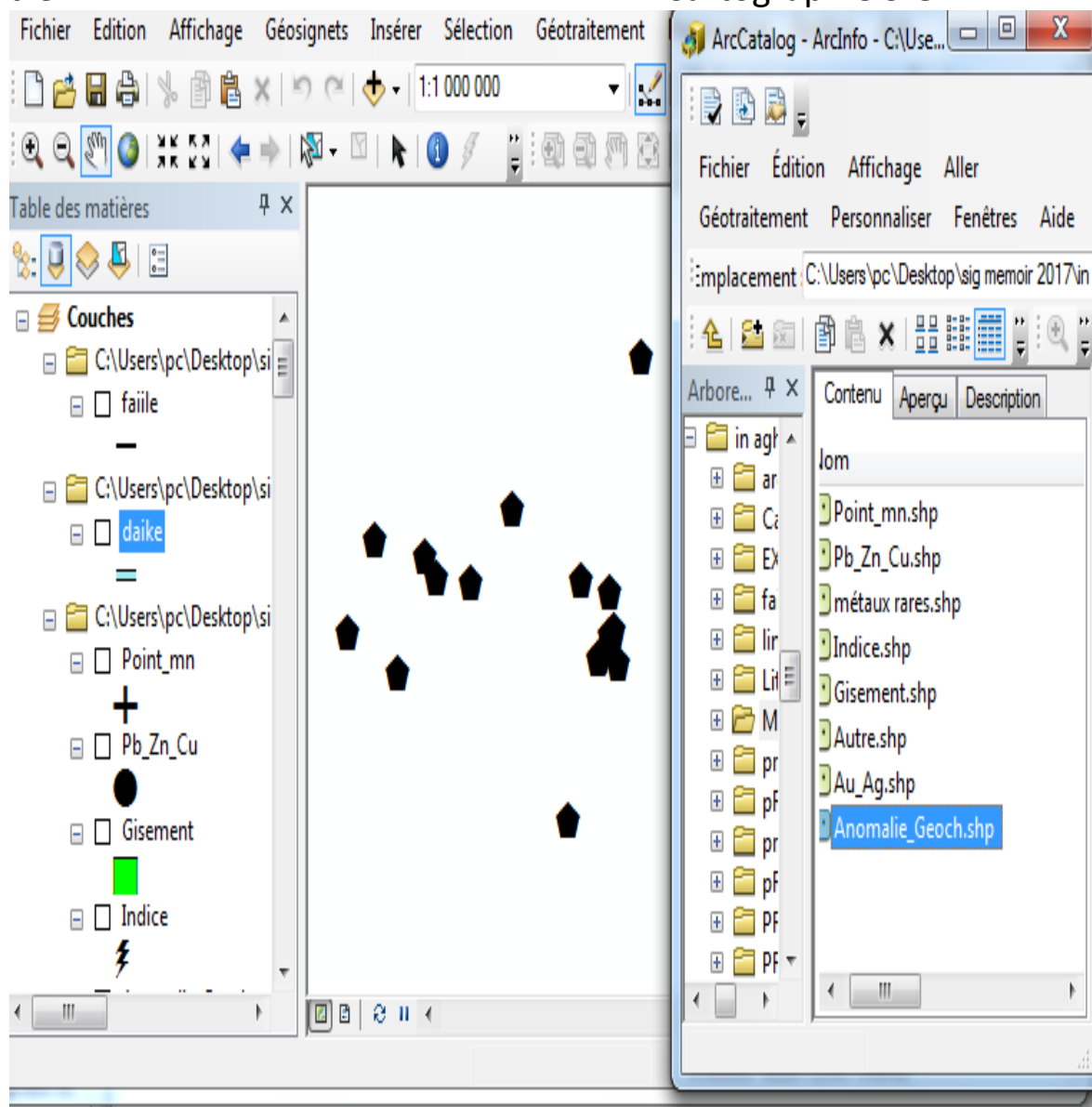


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	N° DORDRE	TYPE DE GITE	LONGITUDE X	LATTITUDE Y	M PRICIPAUX	M SECONDAIRE	GITE	DIMENSIONS	TENEURS	ENCAISSANTS
2	5	Anomalie geochemique	3,9541	23,8402	AU		filons de quartz	<1km/1m	0,2g/t Au	
3	9	Anomalie geochemique	3,7597	23,6916	AU		filon Quartzueux	1m/10-40m	0,05g/t Au	gratito-gneiss
4	17	Anomalie geochemique	3,4500	23,4666	TR		Volcano-ploton	8x13km	0,003-0,005%	
5	18	Anomalie geochemique	3,2750	23,5083	TR		massif de granites	8x13km	0,003-0,005%	
6	20	Anomalie geochemique	3,5250	23,5388	Nb;Ta		dykes de granites	0,4-1m	0,015%Nb;0,003%Ta	
7	22	Anomalie geochemique	3,3666	23,4916	Au		filon de Quartz		0,5g/tAu	
8	23	Anomalie geochemique	3,3875	23,4708	Au		filons de quartz		3,2g/t Au	Roche volcanique Metamorph
9	24	Anomalie geochemique	3,2277	23,4166	Nb;Ta		flanc ouest de massif d'ihouhaouene	0,1-1,0m	0,005-0,02%Nb/0,003%Ta	
10	26	Anomalie geochemique	3,3166	23,3750	Au		filons Quartzueux	<2m	<0,3g/t Au	
11	28	Anomalie geochemique	3,6500	23,4666	Cu;Pb;Zn				0,01% Cu;<0,01%Pb;<0,03%	
12	29	Anomalie geochemique	3,7000	23,4541	Sn					
13	31	Anomalie geochemique	3,7083	23,4166	Au		filons de Quartz		0,08-0,5g/t Au	
14	32	Anomalie geochemique	3,7013	23,4125	Au		filons de Quartz		0,6g/t Au	roche métavolcanique
15	33	Anomalie geochemique	3,7000	23,4000	Au		filons de Quartz		0,0-0,05g/t Au	
16	34	Anomalie geochemique	3,6833	23,3916	Au		filons de Quartz		>0,1 g/t Au	
17	35	Anomalie geochemique	3,6791	23,3875	Au		filons de Quartz		0,2 g/t Au	
18	36	Anomalie geochemique	3,7166	23,3833	Au		filons de Quartz		0,08-0,2g/tAu	
19	38	Anomalie geochemique	3,9166	23,4166	Ni			0,6-0,7kmx0,2-0,3km	0,1%Ni	
20	39	Anomalie geochemique	3,0833	23,4291	Ni		Amas de Serpentinities	300-400m/1-1,2km	0,1%Ni	
21	40	Anomalie geochemique	3,6250	23,2250	Au		filons de Quartz	0,4-1,3m/<400m	0,1g/tAu	
22										
23										
24										
25										

FIG. (IV. 19) fiche Excel représente Anomalie géochimique

Ce dernier doit être exporté sur ArcGIS sous format shapefile, ce qui sera interprété par le logiciel SIG comme des entités vectorielles (points) représentant la minéralisation de la carte au format vecteur réalisée sur une base raster publiée. Dans le but de convertir le fichier Excel en fichier shapefile il faut suivre ces étapes ci : Fichier > Ajouter des données > Ajouter des données XY > choisir la table > modifier la référence spatiale en choisissant « Geographic Coordinate System > World > WGS1984.prj ».

Transformation des résultats Excel au Shapefile.



**Fig.(IV20) les résultats de Vectorisation pour les Anomalie
Géochimique**

6- L'information ponctuelle (minéralisation)

Dans notre région d'étude la minéralisation a été extraite à partir des différents rapports de synthèses géologiques

Après avoir construit des fichiers "Excel" qui est le document base pour une meilleure répartition et une distribution de la minéralisation dans la région d'étude, on la divise en deux grands types ; selon la nature de la minéralisation et selon leur importance.

Chapitre IV :

Cartographie SIG

1-Selon la nature de la minéralisation, on la subdivisée on deux catégories aurifères or, argent (Au. Ag) et métaux rares.

ü Pour les éléments aurifères or (Au) et argent (Ag) ils sont prodiguée de manière dense dans la région d'étude dont on a vectorisées les formations Au et Ag en couche d'informations vectorielles (fig. IV21).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	TYPE DE GITE	LONGITUDE: X	LATITUDE: Y	M PRICIPAUX	M SECONDAIRE	GITE	DIMENSIONS	TENEURS	ENCAISSANTS	SOU
2	Anomalie geochimique	3,9542	23,8403	AU		filons de quartz	<1km/1m	0,2g/t Au		RAP
3	Anomalie geochimique	3,7597	23,6917	AU		filon Quartzeux	1m/10-40m	0,05g/t Au	gratito-gneiss	RAP
4	Anomalie geochimique	3,4500	23,4667	TR		Volcano-ploton	8x13km	0,003-0,005%		RAP
5	Anomalie geochimique	3,2750	23,5083	TR		massif de granites	8x13km	0,003-0,005%		RAP
6	Anomalie geochimique	3,5250	23,5389	Nb;Ta		dykes de granites	0,4-1m	0,015%Nb;0,003%Ta		RAP
7	Anomalie geochimique	3,3667	23,4917	Au		filon de Quartz		0,5g/tAu		MAT
8	Anomalie geochimique	3,3875	23,4708	Au		filons de quartz		3,2g/t Au	Roche volcanique Metamorphisees	MA
9	Anomalie geochimique	3,2278	23,4167	Nb;Ta		flanc ouest de massif d'ihouhaouene	0,1-1,0m	0,005-0,02%Nb/0,003%Ta		RAP
10	Anomalie geochimique	3,3167	23,3750	Au		filons Quartzeux	<2m	<0,3g/t Au		BED
11	Anomalie geochimique	3,6500	23,4667	Cu;Pb;Zn				0,01% Cu;<0,01%Pb;<0,03%		RAP
12	Anomalie geochimique	3,7000	23,4542	Sn						RAP
13	Anomalie geochimique	3,7083	23,4167	Au		filons de Quartz		0,08-0,5g/t Au		RAP
14	Anomalie geochimique	3,7014	23,4125	Au		filons de Quartz		0,6g/t Au	roche métavolcanique	RAP
15	Anomalie geochimique	3,7000	23,4000	Au		filons de Quartz		0,0-0,05g/t Au		RAP
16	Anomalie geochimique	3,6833	23,3917	Au		filons de Quartz		>0,1 g/t Au		RAP
17	Anomalie geochimique	3,6792	23,3875	Au		filons de Quartz		0,2 g/t Au		
18	Anomalie geochimique	3,7167	23,3833	Au		filons de Quartz		0,08-0,2g/tAu		RAP
19	Anomalie geochimique	3,9167	23,4167	Ni			0,6-0,7kmx0,2-0,3km	0,1%Ni		RAP
20	Anomalie geochimique	3,0833	23,4292	Ni		Amas de Serpentinités	300-400m/1-1,2km	0,1%Ni		
21	Anomalie geochimique	3,6250	23,2250	Au		filons de Quartz	0,4-1,3m/<400m	0,1g/tAu		RAP
22										
23										
24										
25										

Fig. (IV21). Préparation de fiche Excel « minéraux aurifère » (AU ,Ag)

Les résultats de fiche Excel représente sur la figure(IV22) qui représente, lavectorisation de l'information des minéraux aurifère (AU, Ag).

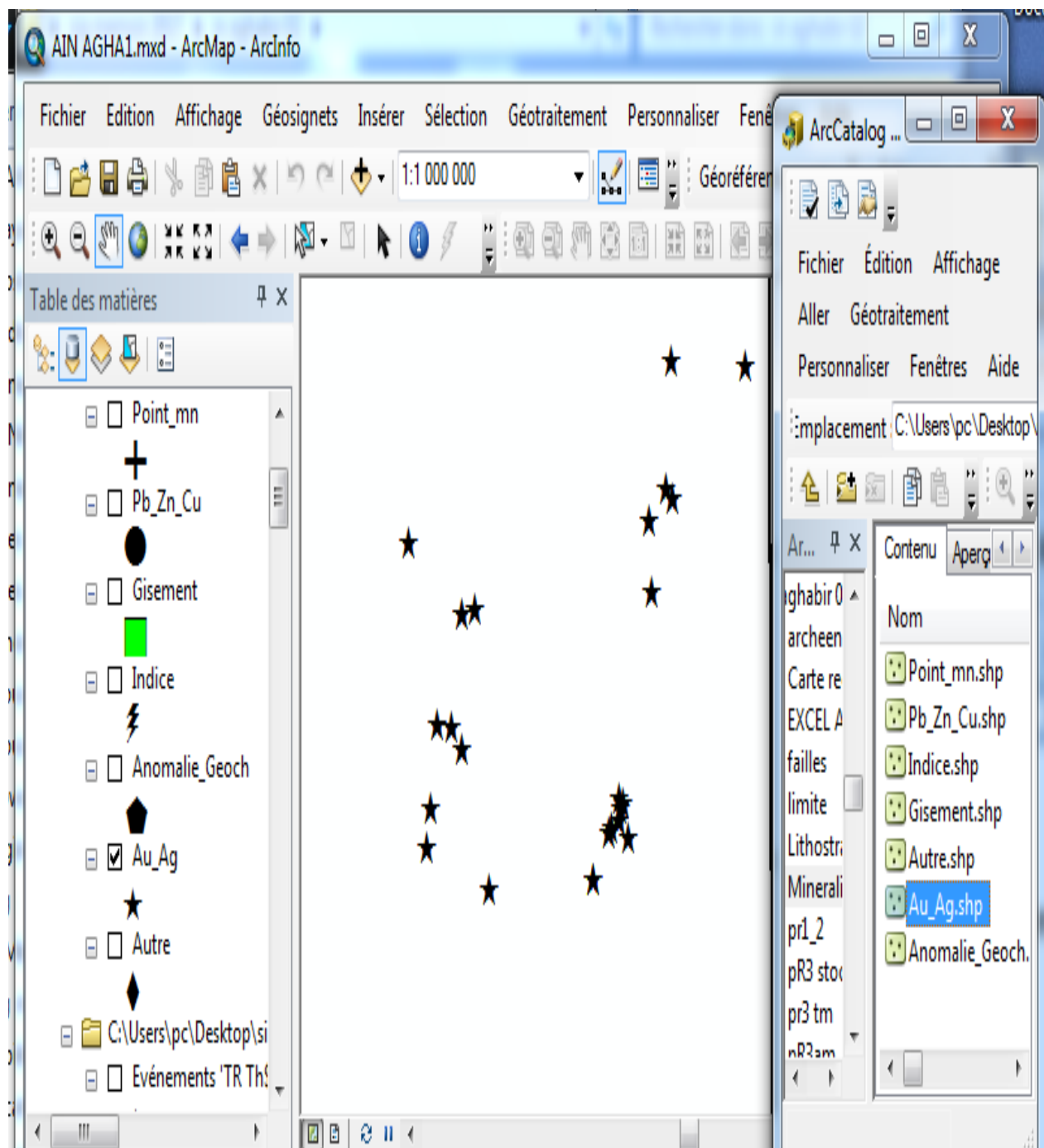


Fig. (IV22). Vectorisation des minéraux aurifère (Au, Ag).

Excel ain Hihoulx - Microsoft Excel

Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage

Calibri 11 A A

Coller Presse-papiers

Police

Alignement

Renvoyer à la ligne automatiquement

Fusionner et centrer

Standard

Nombre

Style

Cellules

Édition

F16

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		Type de Gite	L'engitude X	L'atitude Y	Elément Pri	Elément Sec	Gite	Dimention	Teneurs	Encaissant	Source Biblic	Direction					
2	16	alie Géochin	2,4417	23,9000	Nb	Biotite	Massif Grani	5à0,02%Nb et 1-0,003%Sn			kini Akine	1980					
3	17	alie Géochin	2,4111	23,8944	Nb		dyke	≥ pui;<1000m)01à0,0015%Nb			kini Akine	19 40-45NE					
4	64	alie Géochin	2,9417	23,5500	Sc		Volcano-plu	6-0,7km	0,001à0,007%Nb;<0,03%Le		RAPPORT N°318						
5	67	alie Géochin	2,9417	23,5500	Nb		Volcano-plu	6-0,7km	0,001à0,007%Nb;<0,03%Le		RAPPORT N°318						
6	71	alie Géochin	2,4333	23,5167	Nb		Massif de Granite		0,003%Ta;0,005à0,15%Nb		RAPPORT N°318						
7	89	alie Géochin	2,8583	23,4722	y		Lentile de grepais	50-100 0,02%Nb;0,0	Terrains de c	KINAKINE	1°70'NE						
8	117	alie Géochin	2,4111	23,4333	Mo		Long 50m	0,05%Pb;0,005%Mo;0,000		KINAKINE	1980						
9	191	alie Géochin	2,6583	23,2972	Hf		Gneiss a Microcline a Grai	0,2-0,02%W;0,003%Pb;0,0		KINAKINE	1980						
10	198	alie Géochin	2,3500	23,2667	As		Porphyres rhyolitique du	0,01%Hf		KINAKINE	1980						
11	192	alie Géochin	2,6833	23,2833	Ta		Filons de qui Larg100-150r	4,6-35,Ag/tAu;2g/t Ag		Onikhimovbsky	1968						
12	193	alie Géochin	2,6722	23,2806	Hf			0,003%Ta;0,01-0,03%Nb;0		RAPPORT N°318							
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	

Au-Ag / Point de Mineralisation / Co,Ni,Cr / Zn,Pb,Cu / Ta,Bi,Be / Sn,W / Nb,Sc,Y,Nb,Sc,Mn métaux rares

Sélectionnez une destination et appuyez sur ENTRÉE ou cliquez sur Coller

FR 12:31 07/07/2017

FIG. (IV.23)-Préparation de fiche Excel « métaux rares » (Nb, Sc, La, Ce...).

Chapitre IV :

Cartographie SIG

Les résultats de fiche Excel représente sur la figure(IV24) qui représente, la vectorisation de l'information des métaux rares (Sn,W,Be,Li,Ta,Nb)

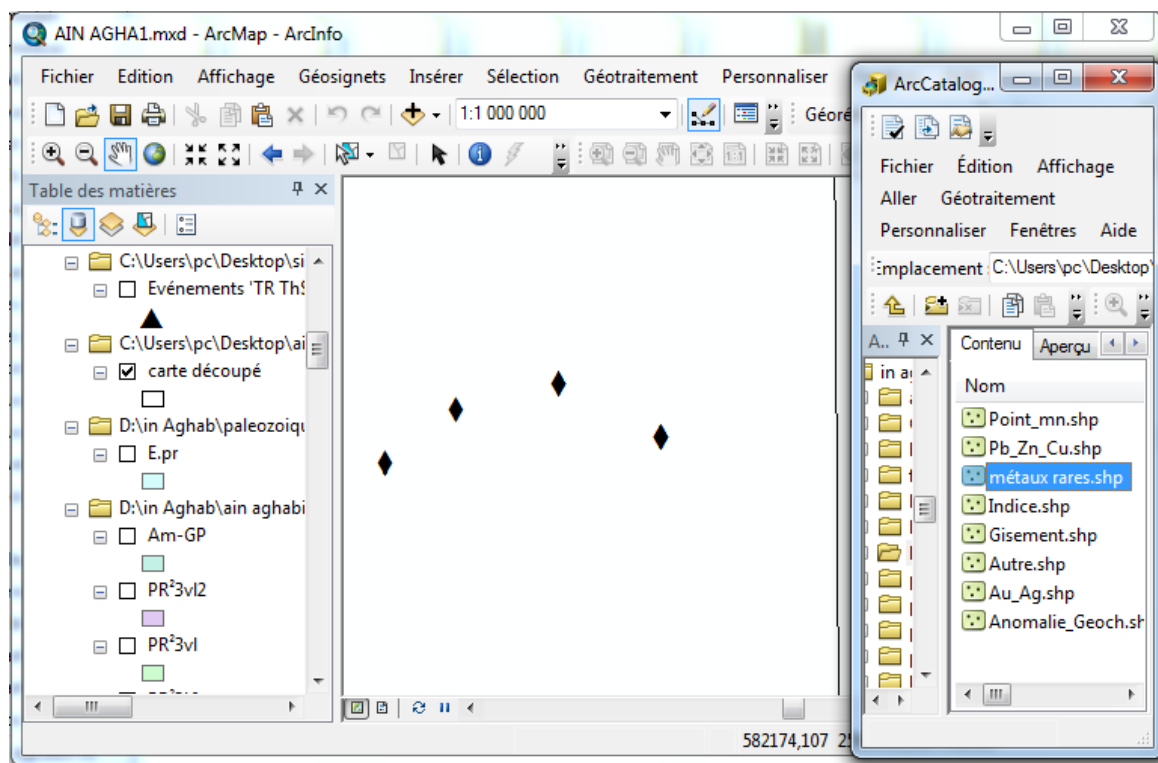


Fig. (IV.24)-Vectorisation des métaux rares (Sn,Be,W ,Nb,Li,Ta).

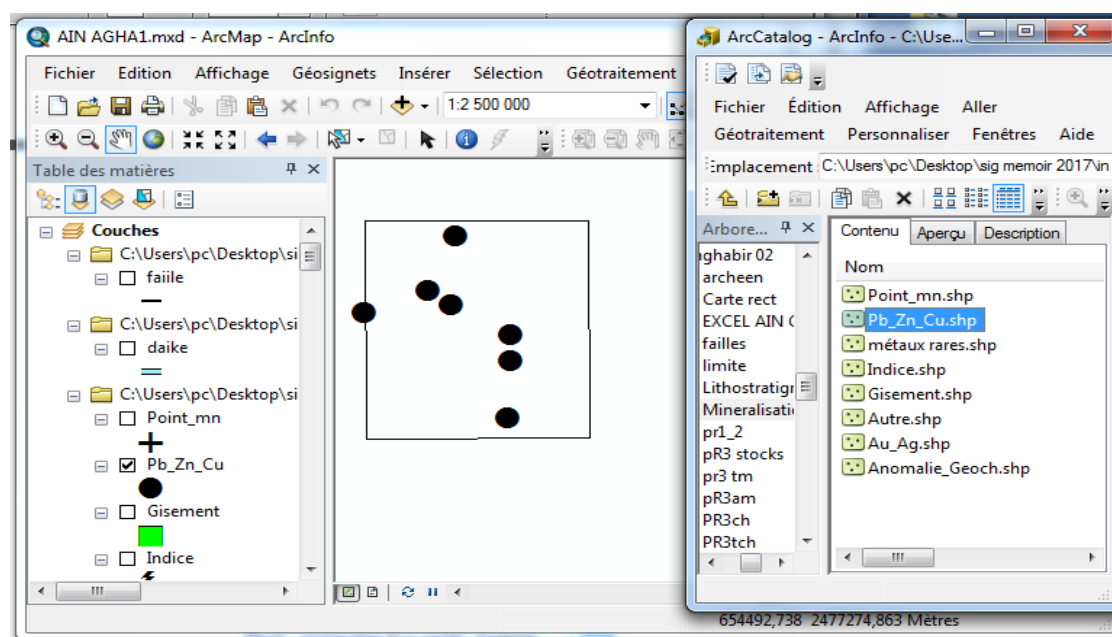


Fig. (IV.25)-Vectorisation de la couche Poly métaux (Pb,Zn,Cu).

Chapitre IV :

Cartographie SIG

2-Selon l'importance de la minéralisation on a subdivisé le fichier Excel en cinq catégories : gisements, Anomalie minéralogique, indices, points de minéralisations, et anomalies géochimiques.

ü Gisement : Est un assemblage naturel de matière minérale dans le sous-sol prête à l'exploitation, dans notre région. Fig. (IV.26) .

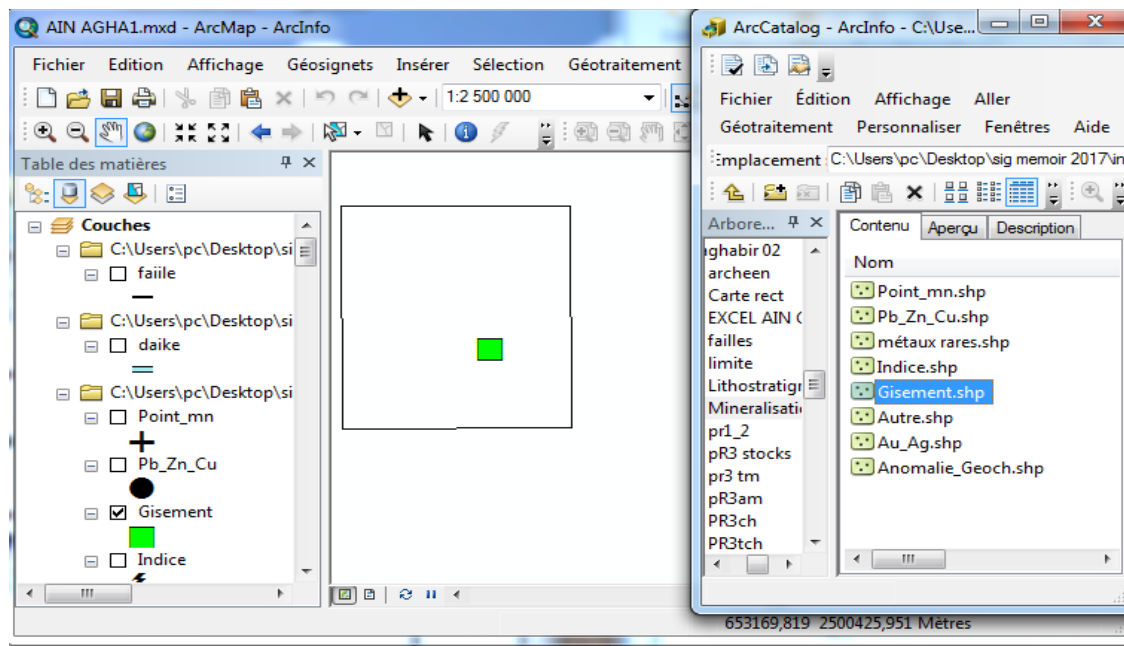


Fig. (IV.26)-Vectorisation de la couche(Gisement).

-Indice ; Est un assemblage de matière minérale dans le sous-sol dont la qualité est conforme aux normes de l'industrie imposée aux gisements, mais de faible quantité, on remarque que seulement quelques indices sont répartis dans notre région d'étude, la couche d'information vectoriel est représenté par des points fig.(IV27)

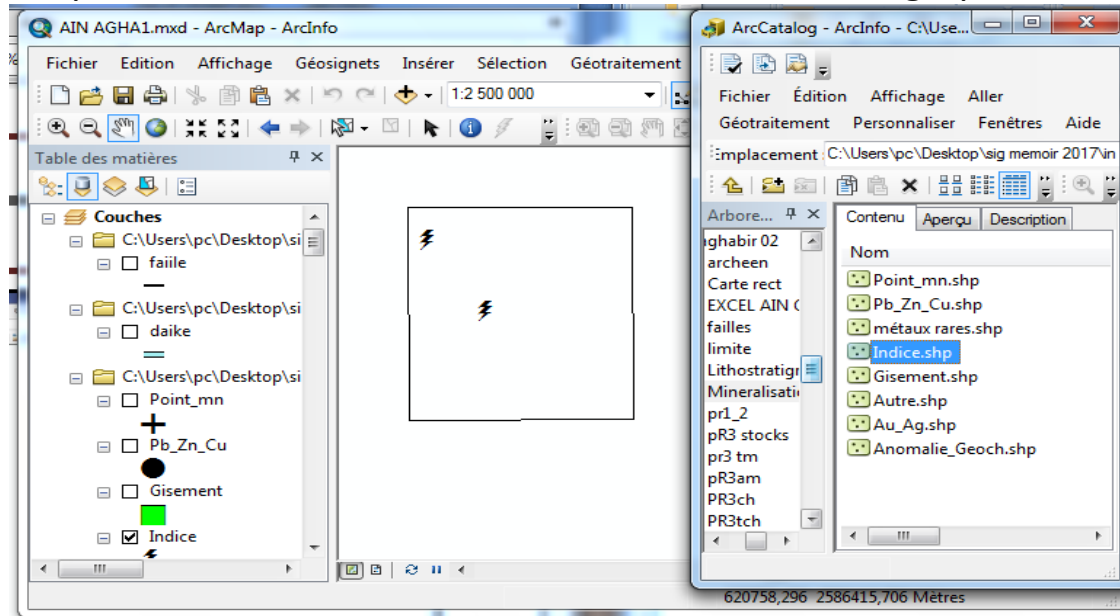


Fig. (IV.27)-Vectorisation de la couche(Indice)

Anomalie minéralogique : Accumulation minérale à teneur élevée en composants utiles par rapport au Clark de concentration dans la lithosphère obtenue par analyse spectrale dans les fonds de batées. On observe que dans notre région d'étude l'anomalie minéralogique est également moins dense fig.(IV28)

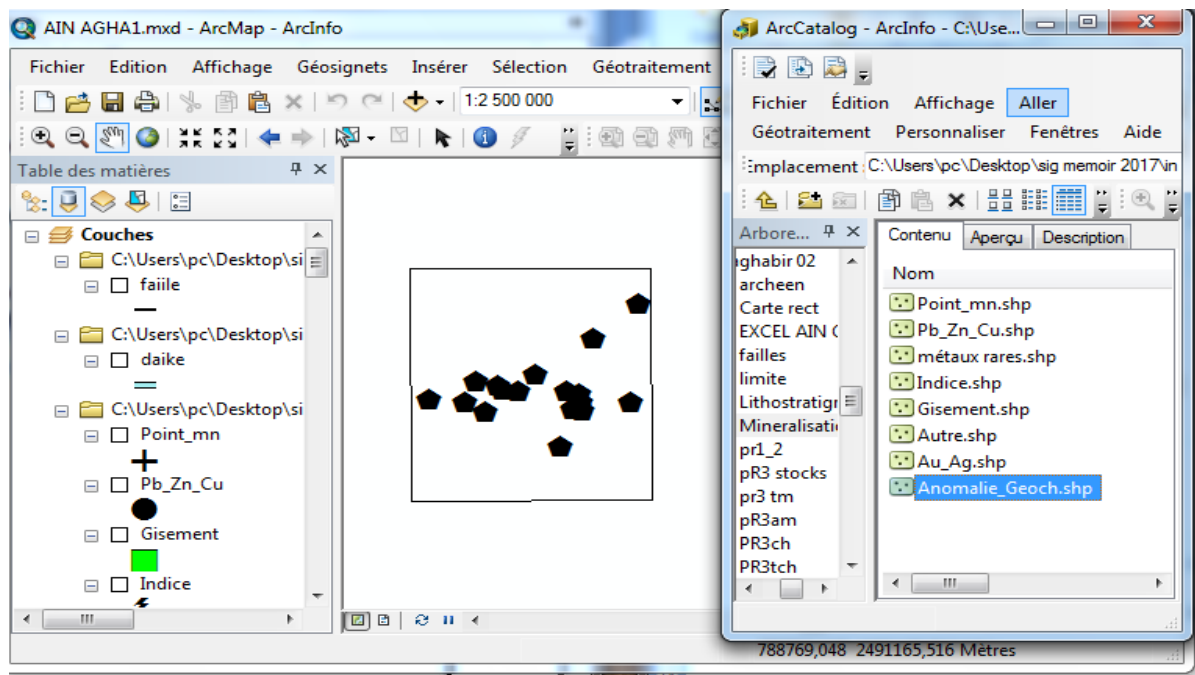


Fig. (IV.28)-Vectorisation de la couche(Anomalie géochimique)

Chapitre IV :

Cartographie SIG

-Point de minéralisation : Il s'agit d'une accumulation minérale en ressources et en qualité, mise en évidence visuellement et consentie par des résultats d'échantillonnage. Dans notre région que cette dernières sont très denses et occupent la majeure partie de la région d'étude.Fig. (IV29)

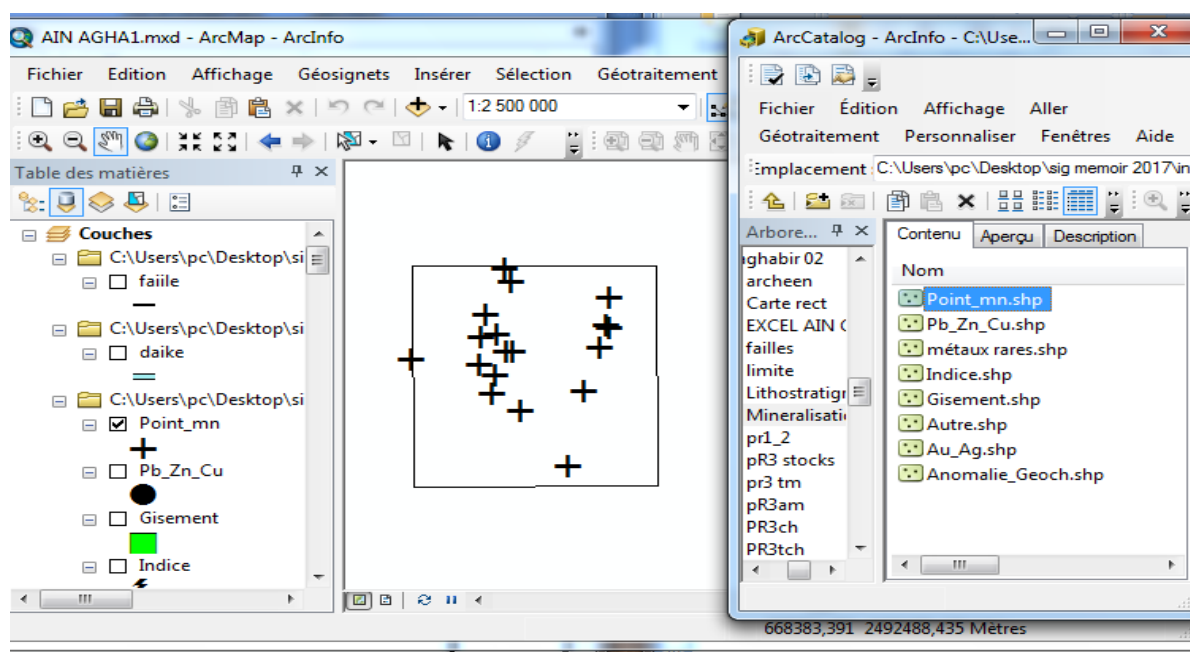


Fig. (IV.29)-Vectorisation de la couche(Point de minéralisation)

7-Conclusion :

Notre région d'étude (nord de l'in Ouzzal) est composé essentiellement de six feuilles (In Aghabir, Tibhaouine, Takhamalt, KefEgatalis, Bidon V et In Hihou),d'échelle 1/200 000 , la vectorisation de chaque feuille est composé de l'ensemble des couches d'informations (Anomalie géochimique,Indice, Point de Minéralisation,Anomalie minéralogique,gisement ,métaux rares ,et minéraux aurifères) sur les occurrences minérales de la région d'étude sont au nombre de 07, l'affichage de ces couches permet d'observer une bonne densité sur toutes les feuilles de la région d'études.

CHAPITRE V

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le Hoggar occupe une superficie d'environ 550.000 Km², il s'étend sur près de 1.000 Km d'Est en Ouest et de 700 Km du Nord au Sud. Il a été subdivisé en trois grands domaines structuraux : Occidental, Central et Oriental. (Bertrand et Caby, 1978). Il est caractérisé par la présence de plusieurs gisements et indices aurifères (or et argent), de métaux rares (niobium, tantale, lithium, rubidium etc.) et autre (plomb, cuivre, zinc), ces minéralisation fait l'objet de plusieurs étude géologique et géologiques.

La région de l'in Ouzzal est située dans la partie nord du Hoggar occidental où se trouvent les six terrains d'études (In Aghabir, In Hihou, Kef Egatalis, Bidon V, Takhamalt, Tibhaouine) .Elle est Composée de six feuille d'échelle 1/200 000.

On distingue (23) terranes qui se différencient par leurs caractéristiques lithologiques, structuraux et géochronologiques. Ces terranes sont distribués sur les trois compartiments du Hoggar.

Du point de vue litho-stratigraphique, on distingue dans le Hoggar les formations suivantes :

- Archéennes (supérieur à 2700 Ma) dans le mole de In Ouzzal.
- Protérozoïque inférieur (2000 – 2700 Ma): série de l'Archchoum.
- Protérozoïque moyen (1000 – 2000 Ma) : série de l'Aleksod.
- Protérozoïque supérieur (800 – 1000 Ma) : série à stromatolites.
- Protérozoïque terminal (650 – 800 Ma).

Eocambrien (antérieur à 570 Ma) série pourprée du Nord-Ouest du Hoggar occidental.

Notre région d'étude est représentée par six feuilles 1/200.000 qui sont In Aghabir, Tibéhaouine, Kef Egatalis, Bidon V, Takhmalt, In Hihou, issue d'un découpage carré.

Le concept SIG a été établi en 1963, proposé par le topographe canadien R.F.Tomlinson,

Un SIG est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, c'est est un outil qui permet d'acquérir, de stocker, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et de cartes (cartographie intuitive et évolutive).

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs : matériels, logiciels, données, méthodes, utilisateurs.

Dans un SIG, un système de coordonnées terrestres (sphérique ou projectif) permet d' référencer les objets dans l'espace et de positionner l'ensemble des objets les uns par rapport aux autres. Les objets sont généralement organisés en couches, chaque couche rassemblant l'ensemble des informations se rapportant à un même thème donné.

Deux modes de représentation spatiale des données sont majoritairement utilisés : le mode vectoriel et le mode matriciel ou mode raster, ce qui permet de représenter le monde réel sous forme de points, lignes ou polygones et chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

Le SiG est appliqué dans plusieurs domaines, citons cependant :

- Géologie (prospection minière).
- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques).
- Marketing (localisation des clients, analyse du site).
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement).
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes).

Arc GIS est un logiciel permettant d'élaborer des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Le logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des

données spatiales, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement de données géographiques.

ArcMap C'est l'application principale d'Arc Info Desktop. Elle permet de visualiser les données, de les saisir et les mettre à jour, d'effectuer des analyses, ainsi que de cartographier et mettre en pages ces données.

-ArcMap facilite la disposition des cartes lors de la mise en page pour l'impression,

Dans cette étude (Ain Ouzal) le logiciel ArcGIS a été utilisé pour élaborer notre SIG. la donnée raster utilisée est la géologique au 1/200.000 de la région In Ouzal Nord qui composé essentiellement de six feuilles (Kef-Egatalis, Bidon V, In Hihou, Takhamalt, In Aghabir ,Tibhaouine),

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et des dykes.

Dans notre région d'étude la minéralisation a été extraite à partir des différents rapports de synthèses géologiques, on la divisée en deux grande type ; Selon la nature de la minéralisation, on la subdivisée on deux catégories aurifères or, argent (Au. Ag) et métaux rares la nature de la minéralisation et selon leur importance.

Selon l'importance de la minéralisation on a subdivisé le fichier Excel en cinq catégories : gisements, Anomalie minéralogique, indices, points de minéralisations, et anomalies géochimiques.

Bibliographie

- A.KINIAKINE, A.GROMOV, V.MIKHAILOV.1981 : Sur les résultats des travaux et la recherche et de levé 1/200 000.
- Black R et al, 1994 ; Liégeois J. P. et al, 2003.
- B.ERMEEV 1991 : Rapport final sur les recherches Systématique et le levé Géologique au 1/200 000.
- Bertrand et Lassere, 1976.
- I.KOSTI, E.KALA, Y.ABDELLI :1986-Recherche Systématique et levé géologique au 1/200 000 de la partie nord-ouest de Hoggar.
- J. Fabre & J .M. Freulon, 1962; R. Caby, 1970 : -La série à stromatolithes (PR3st) se distingue au Nord-Ouest du Hoggar.
- J.M. Bertrand (1974) publie également dans sa thèse les résultats de son étude sur la région de l'Egéré.
- Mémoire –DOC. Nadia B.-diversité métamorphique des Gour Oumlalen (NE Hoggar) Mémoire doctorat .USTHB Doctorat d'état .USTHB Alger.ORG M dans les années 1980-1990.
- ORG M 1985 (KOSTIK, I.KALA, E.ZENKO, V.ABDELLI, Y.CHOURYGUINE.
- RAVALET & PANET, 2001 :- représentation du monde réel dans un SIG.
- Rapport Final de la recherche systématique et levé géologique à 1/200 000 de la recherche minière (ORG M, EREM) durant les années 1970-1990.
- R. Caby (1970) étudient la structure et la géochronologie du Nord-Ouest du Hoggar.
- Saida Ait Djafer. (2008)-les anorthosites et les roches associées exemple de l'In Ouzzal et de Tin Zebane (ouest Hoggar) aspect pétrologique, géochimique et géochronologique
- . - URBANI, 2006 : comment représenté: Couches d'un Système d'Information géographique.
- Yasmine S et Mohamed Y. (2008) –étude pétrographique et minéralogique du gisement de Nahda .mémoire ingénieur .USTHB.

Liste des figures

Chapitre I

Fig. (I.01) Situation Géographique de la région d'étude.

Chapitre II

Figure II.1: Carte géologique simplifiée du bouclier touareg et des régions adjacentes (modifiée à partir de Caby et al. 1981 et Boulrier, 1991)

. Fig.II.2: Subdivision structurale du bouclier Touareg (Bertrand et Caby 1978)

Fig.II.3 Subdivision structurale du bouclier Touareg (Liégeois et al 2003).

Chapitre III

Fig.III.01 : Présentation les Trois partie de la région d'étude (In Ouzal Nord).

Chapitre IV

Fig. (IV.01)-schéma explicatif du SIG (Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989.

Fig. (IV.02): Composants d'un Système d'Information Géographique.

Fig. (IV.03): Couches d'un Système d'Information géographique (URBANI, 2006).

Fig. (IV.04): Exemple de quelques données raster (BONNET M.2012).

Fig. (IV.05) : Données vecteurs exemples.

Fig. (IV.06) : Structure de l'information géographique dans un SIG (Habert, 2000) V.05) : Données vecteurs exemples.

Liste des figures

Fig. (IV.07)-Présentation d'un Système arc cata log.

Fig. (IV.08): interface Arc Catalogue au travers ArcMap.

Fig. (IV.09): Présentation de l'interface ArcMap.

Fig. (IV.10): Présentation de l'interface : ArcToolbox.

Fig. (IV.11) outil de géoréférencement.

Fig. (IV 12) exemple de vectorisation.

Fig. (IV.13): Vectorisation les couches quaternaire sur la carte In Aghabir.

Fig. :(IV.14) : Vectorisation des couches polygonales de la cartes in Aghabir (1/200 000).

Fig. (IV.15).Vectorisation des couches polygonales de la carte in Aghabir. (1/200 000).

Fig. (IV.16).vectorisation de l'entité polygonale sur le magmatisme.

Fig. (IV.17).Vectorisation polygonal sur la tectonique (faille, dyke.)

FIG. (IV.18) Préparation fiche Excel.

FIG (IV 19) fiche Excel représente Anomalie géochimique.

Fig. (IV.20) les résultats de Vectorisation pour les Anomalie Géochimique.

Fig. (IV.21). Préparation de fiche Excel « minéraux aurifère » (AU ,Ag).

Fig. (IV.22).Vectorisation des minéraux aurifère (Au, Ag).

FIG (IV.23) Préparation de fiche Excel « métaux rares » (Nb, Sc, La, Ce).

Fig. (IV.24).Vectorisation des métaux rares (Sn,Be ,W ,Nb,Li,Ta).

Fig.(IV.25) Vectorisation de la couche Poly métaux(Pb,Zn,Cu).

Fig.(IV.26) Vectorisation de la couche(Gisement).

Liste des figures

Fig.(IV.27) Vectorisation de la couche(Indice).

Fig.(IV.28) Vectorisation de la couche(Anomalie géochimique).

Fig. (IV28) Vectorisation de la couche (Point de minéralisation).

Annexe

I-Carte Géologique In Aghabir

II- Carte Géologique Tibhaouine

III-Carte Géologique In Hihou

IV-Carte Géologique Takhamalt

V-Carte Géologique Kef Egatalis

VI-Carte Géologique Bidon V